Diss. Halle

1912

W. Ordemann.

Beiträge

zur

morphologischen Entwicklungsgeschichte der deutschen Nordseeküste

mit besonderer Berücksichtigung der Dünen tragenden Inseln.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

Hohen Philosophischen Fakultät

der

Vereinigten Friedrichs-Universität Halle-Wittenberg

vorgelegt von

Wilhelm Ordemann

aus Lehe.

Halle a. S. 1912.

Referent: Professor Dr. Schlüter.

Teildruck.

(Die vollständige Arbeit erscheint in den Mitteilungen der Geographischen Gesellschaft zu Jena, Jahrg. 1912)

Meinen Eltern!

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41544726_0068

Inhaltsverzeichnis.

		Seite
I.	Die Nordseeflachküste im allgemeinen . . . . . (1—8)	15—22
1.	Ihre Stellung innerhalb der gesamten Nordseeküste und ihre Gliederung im allgemeinen . . . . . (1—2)	15—16
2.	Der Geestrand . . . . . (2)	16
3.	Der Marschengürtel . . . . . (2—3)	16—17
4.	Die Watten und Haffs . . . . . (3—6)	17—20
5.	Der Dünensaum . . . . . (6—8)	20—22
II.	Entwicklungsgeschichte der Küste vom Ende des Tertiärs bis zur Gegenwart . . . . . (8—37)	22—51
1.	Die Entwicklungsgeschichte des Nordseegebietes während des Jungtertiärs und Diluviums . . . . . (8—10)	22—24
2.	Die heutige Nordsee mit ihren Küstenumrissen als Gebilde der Alluvialzeit . . . . . (10—37)	24—51
	a) Die eiszeitlichen Ablagerungen als Mittel zur Bestimmung ihrer unteren Altersgrenze . . . . . (10—12)	24—26
	b) Die heutige Nordsee als Bucht des europäischen Nordmeeres, entstanden durch einen allmählichen Senkungsvorgang . . . . . (12—15)	26—29
	c) Die Entwicklungsreihe der Wattenschwemmlandsküsten . . . . . (15—22)	29—36
	d) Die Nordseeküste in historischer Zeit . . . . . (22—29)	36—43
	e) Die Nordseeküste in dem prähistorischen Zeitabschnitt der Alluvialzeit . . . . . (29—37)	43—51
III.	Die Dünen im allgemeinen mit besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse an der Nordsee	51—74
1.	Die Dünen im allgemeinen	51—53
2.	Die Stranddünen im allgemeinen	53—56
3.	Die Dünen an Flachküsten mit besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse an der Nordsee	56—74
	a) Die Aufbauformen (primäre Dünen)	56—65
	b) Die Zerstörungsformen (sekundäre Dünen)	65—74
IV.	Der Dünenbau, im besonderen der der deutschen Nordseeinseln .	74—82
1.	Geschichtliches über den Dünenbau	74—79
	a) im allgemeinen	74—75
	b) auf den ostfriesischen Inseln	75—76
	c) auf den nordfriesischen Inseln	76—79
2.	Die heute im Dünenbau angewandten Mittel mit besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse an der Nordsee	79—82
	a) Die Festlegung des fliegenden Sandes, sowie die Erzeugung künstlicher Dünen (Vordünen)	79—81
	b) Die massiven Strandschutzwerke (Buhnen und Parallelwerke)	81—82

		Seite
V.	Die deutschen, Dünen tragenden Nordseeinseln im einzelnen .	83—145
1.	Die ostfriesischen Inseln	83—129
	a) Borkum und die lütje Hörn	83—90
	b) Juist	90—96
	c) Der Memmert	96—98
	d) Buise und Bant	98
	e) Norderney	98—107
	f) Baltrum	107—111
	g) Langeoog	111—116
	h) Spiekeroog	117—120
	i) Wangeroog	120—125
	k) Die gesamten ostfriesischen Inseln (Ueberblick)	125—129
2.	Der innere Winkel der Helgoländer Bucht (Minseneroldoog, alte Mellum, Eversand, großer Knechtsand, Neuwerker Watt, Schahörn, Neuwerk, der Geestrand bei Duhnen, Trischen) .	129—131
3.	Der schleswig-holsteinische Anteil am Dünengürtel	131—145
	a) Eiderstedt	131—133
	b) Amrum	133—135
	c) Sylt	135—143
	d) Röm	143—144
	e) Der schleswig-holsteinsche Anteil am Dünengürtel in seiner Gesamtheit (Ueberblick)	144—145
Verzeichnis des benutzten Kartenmaterials	(37—38)	145—146
Literaturverzeichnis	(38—41)	146—149

I. Die Nordseeflachküste im allgemeinen.

1. Ihre Stellung innerhalb der gesamten Nordseeküste und ihre Gliederung im allgemeinen.

Die deutsche Nordseeküste ist in ihrer morphologischen Gestaltung nur der mittlere Ausschnitt einer größeren Einheit, die das gesamte Gebiet umfaßt, in dem der nordwestliche Teil des nordeuropäischen Flachlandes in die Fluten der Nordsee hinabtaucht. Diese Einheit ist, im großen gesprochen, deren Süd- und Ostumrandung, abgesehen von der skandinavischen Westküste, die schon rein äußerlich durch die tiefe norwegische Rinne von Jütland getrennt als Grenze der Nordsee gegen die alte Urgebirgsmasse des baltischen Schildes und das zu einem Rumpfgebirge abgetragene paläozoische Faltengebirge Skandinaviens einen ganz anderen morphologischen Charakter trägt. Während wir in der Westküste Skandinaviens eine Steilküste vor uns haben, zeigt der übrige Teil der Süd- und Ostumrandung der Nordsee die typischen Erscheinungen einer Flachküste. Einige Kilometer westlich von Calais beginnend, sich an die Kreidesteilküste Frankreichs anschließend verläuft diese Flachküste zunächst in nordöstlicher Richtung, die dann in den Niederlanden in eine fast nördliche übergeht. Von der Insel Terschelling ab zieht sie sich nach Osten und in der jütischen Halbinsel nach Norden die rechtwinkelige Helgoländer Bucht einschließend. Diesen Verlauf behält sie auf eine lange Strecke bei, um nur kurz vor ihrem Ende noch einmal in eine nordöstliche Richtung überzugehen und im Kap Skagen zu endigen, jener eigentümlichen Landzunge, die die Halbinsel Jütland nach Nordosten hinaussendet.

Sowohl von morphologischem als auch von entwicklungsgeschichtlichem Standpunkte aus können wir mehrere Glieder unterscheiden, die teilweise örtlich getrennt, teilweise in ganz gesetzmäßiger Weise und Anordnung ineinandergreifend den morphologischen Charakter dieser Flachküste bedingen.

Es mag als eigentlich selbstverständlich noch vorausgeschickt werden, daß wir dabei unter Küste nicht etwa eine feste Grenzlinie zwischen Meer und Land verstehen. Die Grenze zwischen Meer und Land ist keine feste Linie, sondern sie erleidet beständig Verschiebungen, besonders in Gebieten, wo das Land sich unter einem

sehr spitzen Winkel in das Meer hinabsenkt und ausgeprägte Gezeiten herrschen, d. h. die Höhenlage des Wasserspiegels periodischen Schwankungen unterliegt, Umstände, die bei der Flachküste der Nordsee beide zusammentreffen. Zwischen das Gebiet der eigentlichen Nordsee und die Kontinentalmasse schiebt sich eben eine örtlich mehr oder weniger breite Zone ein, die gegenwärtig nur zu gewissen Zeiten der umgestaltenden Tätigkeit der Meeresagenzien unterliegt oder in junger Vergangenheit denselben längere Zeit unterlegen hat. Die einzelnen Glieder dieser Zone stehen entwicklungsgeschichtlich in so innigen Wechselbeziehungen zueinander, daß es unumgänglich notwendig ist, bei der Betrachtung eines dieser Glieder, besonders für die Erkenntnis seiner Entwicklungsgeschichte, auf die anderen bisweilen überzugreifen und sie in den Bereich der Betrachtung hineinzuziehen. Es liegt hierin eine weitere Berechtigung, diese gesamte Küstenzone als Küste schlechthin zu bezeichnen.

Wenn wir den Begriff Küste so definieren, so können wir an der Flachküste der Nordsee deutlich drei oder, wenn wir den Geestrand, den Rand des europäischen Flachlandes, einschließen, vier morphologische Glieder unterscheiden, die hintereinander angeordnet girlandenartig die Nordsee umrahmen. An vielen Stellen sind sie nicht alle vorhanden, so daß in solchen Fällen die hinteren Glieder direkt an das Meer herantreten und das hintere Glied sich unmittelbar an das vordere anschließt usw. Es sind dies in der Reihenfolge vom Lande nach dem Meere zu aufgezählt:

1) der Geestrand,
2) die Marschen,
3) das Wattenmeer oder als Stellvertreter die Haffs,
4) der Dünensaum.

Dazu kommen noch als fünftes Glied die ausgedehnten Sande der Elb- und Wesermündung, die zum Teil über das mittlere Hochwasserniveau hinausragen und sodann als vollständig vegetationslose Inseln einen charakteristischen Bestandteil der Helgoländer Bucht bilden.

2. Der Geestrand.

Der Geestrand tritt geschlossen eigentlich nur an der dänischen Westküste an die Nordsee heran. Der Geestrand bei Duhnen an dem östlichen Rande der Wesermündung und der bei Jerpstedt an der schleswig-holsteinischen Wattenküste grenzen an das Wattenmeer. Auch der Steilabfall der Geest an der Nordostecke der Zuider-See, sowie die insularen Geestkerne der west- und nordfriesischen Inseln gehören, abgesehen von dem der Insel Sylt, der in dem roten Kliff steil gegen die Nordsee abfällt, noch der inneren Küstenzone an.

3. Der Marschengürtel.

An die Geest schließt sich der fruchtbare Marschengürtel an. Er ist in den Niederlanden am schönsten ausgebildet und besteht

führen die größeren dieser Rinnen Wasser und bilden infolgedessen die natürlichen Wasserstraßen für die Wattenschiffahrt. Sie erinnern in ihrer ganzen Anordnung und Gestalt so sehr an die Täler des festen Landes, daß man früher annahm, sie seien nichts anderes als die Fortsetzung von Flußläufen. Diese Anschauung hat man aber nicht aufrecht halten können. Nur in wenigen Fällen entsprechen diesen Rinnen Flüsse auf dem festen Lande, als deren Fortsetzung sie angesprochen werden könnten. Und selbst in solchen Fällen stehen die Flüsse, die sie erzeugt haben sollten, in keinem Verhältnis zu deren Breite und Tiefe. Sie werden daher heute mit Recht als Erosionsgebilde der Gezeitenströmungen angesehen. Während des ganzen Verlaufs auf den Watten besitzen sie im allgemeinen ein gleichsinniges Gefälle nach dem offenen Meere hin, wenn auch im einzelnen ihr Längsprofil keineswegs regelmäßig ist. Ich weise vor allen Dingen auf jene eigenartigen Kolke hin, wie sie sich auf jeder genaueren Karte leicht erkennen lassen. Ueberdies finden sich an den Einmündungsstellen kleinerer Rinnen in größere fast regelmäßig Barren, die augenscheinlich der flächenförmigen Ausbreitung des Wassers und dem damit verbundenen Kraftverlust ihre Entstehung verdanken. Besonders auffällig sind beide Erscheinungen an der Ausmündung der Seegatten in das Meer selbst. An ihrer Ausmündung zwischen den einzelnen Inseln weisen diese nämlich eine außerordentlich auffällige Uebertiefung auf, so daß hier ein Kolk entsteht, der durch eine deutliche Barre gegen das Meer abgeschlossen wird, die den Schiffen die Einfahrt bei Niedrigwasser erschwert. Diese Erscheinung wird uns durch die Erosion der Gezeiten leicht verständlich. Viermal täglich setzt durch die Lücken zwischen den einzelnen Inseln ein kräftiger Strom hindurch, und zwar ist dieser Strom zweimal in Form des Flutstroms vom Meere nach dem Lande hin, zweimal in Form des Ebbestroms vom Lande nach dem Meere hin gerichtet. Zwischen den einzelnen Inseln erfahren diese Gezeitenströmungen eine starke Einschnürung, die ihre Erosionskraft natürlicherweise vergrößert und zur Ausbildung jenes Kolkes führt. In der Hauptsache scheinen diese Kolke dem Ebbestrom ihre Entstehung zu verdanken, der ja bekanntlich ungleich stärker ist als der Flutstrom. Er ist es auch, der die eigentümlichen Barren erzeugt, die die Kolke gegen die See abschließen. Diese Barren sind nicht etwa bloß Schwellen, wie sie sich durch den seeseitigen Rand der Kolke von selbst ergeben, sondern es sind Aufschüttungsgebilde. Die Sandmassen, die von dem Ebbestrom in die See hinaustransportiert werden, können da, wo dieser aus seiner Einschnürung in die See hinaustritt, sich also auf eine größere Fläche verteilt und infolgedessen an Kraft verliert, abgesetzt werden[1]). Sie sind auf den Seekarten in der Gestalt von Riffen,

---

die unmittelbaren Verbindungsglieder des Wattenmeeres mit der See. Vgl. W. Krüger, S. 452.

1) Möglicherweise unterbrechen aber auch die an der Küste entlang wandernden Sandmassen hier auf eine kurze Zeit ihre Wanderung und nehmen so vorübergehend an dem Aufbau der Barren teil.

die, wie wir sehen werden, für die Entwicklungsgeschichte unserer deutschen Nordseedünen von außerordentlicher Bedeutung sind, deutlich erkennbar.

5. Der Dünensaum.

Wenden wir uns jetzt dem vierten morphologischen Gliede, dem Dünensaume, zu. Die Dünen bilden den Abschluß der Küstenzone gegen die eigentliche Nordsee. Abgesehen von den kleineren Unterbrechungen an den Mündungen des Rheins und der Schelde und durch die Tiefs zwischen den Inseln, zieht sich ein mehr oder weniger zusammenhängender, fortlaufender Dünenkranz von Calais bis Skagen um die Nordsee herum. Eine größere Lücke ist nur in dem inneren Winkel der Helgoländer Bucht vorhanden, an den Mündungen der Weser und Elbe. Man kann an der Küste entlang eine Reise von 1000 km und mehr machen, ohne etwas anderes zu sehen als die trostlosen, eintönigen Dünen und das weite Meer, ohne etwas anderes zu hören als das von den Winden erzeugte Rauschen der sich aneinander reibenden Sandkörner und Dünenpflanzen, das Getöse der Wellen und das Gekreische der Seevögel. Und doch ist eine solche Reise keineswegs uninteressant. Bieten sich doch dem aufmerksamen Beobachter eine Fülle von Erscheinungen dar, die zum Nachdenken Veranlassung geben. Ueberdies ist der Formenschatz, wie ihn der sich an die Dünen anschließende Seestrand und die Dünen selbst zeigen, an allen Küstenstrecken keineswegs immer derselbe. An der einen zerstört das Meer, an der anderen schwemmt es an; in gewissen Gebieten baut der Wind neue Dünen auf, in anderen ist er eifrig damit beschäftigt, sein eigenes Werk wieder zu zerstören. Und dieser ganze Vorgang ist kein willkürlicher, er ist ein gesetzmäßiger, wie wir später noch genauer sehen werden.

In der Anordnung und Verteilung der Nordseedünen im allgemeinen fallen dem Betrachter einer genaueren Karte sofort mehrere Eigentümlichkeiten auf. Einige Kilometer westlich von Calais beginnen die Dünen und bedecken auf der mehr als 40 km langen Strecke bis Dünkirchen nur einen schmalen Küstensaum. Westlich von Dünkirchen beginnt das von Dünen bedeckte Gelände ganz allmählich an Höhe und Breite zuzunehmen. Etwa in der Mitte zwischen Dünkirchen und Ostende, bei la Panne etwas südwestlich von Nieuport, erreicht es seine erste Maximalbreite, die hier annähernd 2 km betragen mag. Die Dünenkuppen erreichen hier Höhen bis zu 25 m und mehr. Nach Ostende zu nimmt der Dünensaum aber schnell wieder an Breite ab und erreicht auch zwischen Ostende und Blankenberghe keine erhebliche Verbreiterung mehr. Auf der ganzen, etwa 100 km langen Strecke von Calais bis Blankenberghe und dann weiter über Knocke hinaus verläuft er beständig auf dem Festlande. Er ist hier fast nirgends unterbrochen, und da die wenigen, natürlichen Pforten fortwährenden Versandungen durch das Meer und Verwehungen durch den Wind

hier in der Hauptsache aus den Alluvionen des Rheins. Auch für unsere deutsche Nordseeküste bilden die Marschen ein Charakteristikum. Sie ziehen sich an unserer ganzen Küste entlang und begleiten bis weit in das Land hinein die Trichtermündungen unserer beiden großen Flüsse, der Weser und der Elbe. An der dänischen Küste fehlen sie fast ganz, abgesehen von einigen kleinen Flecken an der Landseite der Haffs, die sich wie eine Kette an der ganzen dänischen Westküste hinziehen.

4. Die Watten und Haffs.

Diese Haffs gehören schon dem dritten Gliede an. Sie sind vom morphologischen Standpunkt aus etwas Aehnliches, wie das Wattenmeer der deutschen und niederländischen Küste. Nur ist ihr Vorhandensein im Gegensatz zu dem Wattenmeere geknüpft an Meeresteile ohne oder mit schwachen Gezeiten. Andererseits können Haffs aber auch, mögen sie verlandet sein oder nicht, in Watten umgewandelt werden dadurch, daß das vorher gezeitenlose Meer zu einem Meere mit starken Gezeitenschwankungen wird, die sie vom offenen Meere trennende, zumeist mit Dünen besetzte Sandbarre in einzelne Teile aufgelöst und so dem Meereswasser in das hinter der Barre liegende Süßwasserbassin oder an seine Stelle tretende Marschland Eingang verschafft wird. Unter Wattenmeer oder Watten ist eben weiter nichts als jenes amphibische Gebilde zwischen Land und Meer zu verstehen, wie es sich an allen Flachküsten mit starken Gezeitenbewegungen notwendigerweise ausbilden muß. Es wäre verfehlt, in den Begriff Watten von vornherein einen genetischen Gesichtspunkt hineinzulegen. Diese können auf verschiedene Weise entstehen, und man könnte nach Art der Entstehung verschiedene Typen von Watten unterscheiden. Als primäre Watten möchte ich solche ausscheiden, die sich, ohne unmittelbar vorher Land gewesen zu sein, als notwendiges Zwischenglied zwischen Meer und Festland einschieben. Es sind Schwemmlandsgebilde, die im allgemeinen eine Entwicklung nach dem Lande hin durchmachen, d. h. die Höhe des mittleren Hochwasserspiegels augenblicklich noch nicht erreichen, durch weitere Aufhöhung aber vollständig landfest werden können. Dem gegenüber stehen die sekundären Watten. Es sind Schwemmlandsebenen oder Haffs, die bereits dem festen Lande angegliedert waren, aber vom Meere zurückerobert sind. Man könnte gegen das Prinzip dieser Einteilung einen Einwand machen. Es ist bekannt, daß das Wattengebiet in historischer Zeit ständig Veränderungen erfahren hat. Während in bestimmten Gebieten Marschflächen in Watten verwandelt wurden, wurde an anderen Stellen dem Wattenmeere viel fruchtbares Land abgerungen. Wattengebiete, die teils früher schon einmal, teils aber in junger Vergangenheit vielleicht noch nie Marsch gewesen waren, erhöhten sich und wurden eingedeicht. Es ist dies eben jenes ewige Wechselspiel zwischen Anschwemmung und Abspülung, das noch heute fortdauert. So finden wir beispielsweise auf dem Neuwerker Watt, wenn längere Zeit

Landwinde geherrscht haben, außerordentlich viel Schlick, jene typische Marscherde. Betritt man das Watt in dieser Verfassung bei Niedrigwasser, so sinkt man vereinzelt bis zu den Knieen in den Schlick ein. Einen ganz anderen Charakter trägt es, wenn längere Zeit Seewinde geherrscht haben. Die von der See kommenden Wellen pflanzen sich in das Wattengebiet hinein fort, wühlen den Schlick, der sich in dem bei den Landwinden fast vollständig unbewegten Wattenmeer absetzen konnte, auf und führen ihn fort. Es bleibt nur der feste sandige Untergrund, bestehend aus stark verunreinigtem Meeressand. Aus dieser großen Veränderlichkeit der Watten und dem Umstande, daß sich an der einen Stelle Marsch in Watten, an einer benachabrten zu gleicher Zeit oder an derselben wenige Jahre später Watten in Marsch verwandeln, könnte man den Schluß ziehen, daß eine Einteilung nach dem obigen Prinzip verfehlt wäre. Und doch ist eine scharfe Unterscheidung von primären und sekundären Watten von großem Nutzen, weil in ihr eine Problemstellung verborgen liegt. Fassen wir beispielsweise die Watten der Nordseeküste ins Auge und legen wir uns die Frage vor, handelt es sich hier um primäre oder sekundäre Watten, so ist uns damit das Problem gestellt: Haben wir in diesen Watten Gebilde vor uns, die in geologischer Vorzeit, sei es in der Gestalt einer geschlossenen Marsch, sei es in der eines großen, nur wenig oder gar nicht verlandeten Haffs, dem Festlande angegliedert waren, aber vom Meere zurückerobert sind, oder müssen wir in ihnen vielmehr ein vorübergehendes Stadium einer sich erst entwickelnden, großen Schwemmlandsebene erblicken? Dabei können natürlich die lokalen Verschiebungen zwischen Marsch und Watt vorübergehende Störungen einer allgemeinen, großen Entwicklung sein.

Was die Oberflächengestaltung des Wattenmeeres der Nordseeküste angeht, so sei hier nur kurz zur Orientierung erwähnt, daß es sich keineswegs um ein vollständig ebenes Gebiet handelt, das sich gegen die See sanft senkt. Ein ausgedehntes Netz von Rinnsalen zerlegt die Watten vielmehr in größere Einzelteile, die ihrerseits wieder ein außerordentlich unruhiges Relief zeigen, hervorgerufen durch ein großes Gewirr von Kleinformen. Zunächst den genannten Rinnen folgend verbreitet sich das Meerwasser bei Flut allmählich über die ganzen Wattflächen und fließt dann bei eintretender Ebbe ebenfalls in diesen natürlichen Kanälen in die Nordsee zurück. Besonders charakteristisch sind diese Rinnensysteme für das Wattengebiet hinter den friesischen Inseln. Tiefe Furchen, Baljen, Tiefs oder Seegatten genannt, greifen von der See zwischen den Inseln hindurch in das Wattenmeer ein, um sich dann baumartig zu verzweigen und an Tiefe abzunehmen[1]). Selbst bei Niedrigwasser

1) W. Krüger wendet für die kleinsten der Rinnen die Bezeichnung Priele an. Diese laufen bei Niedrigwasser trocken oder führen noch mit wirklichem Gefälle Wasser ab. Sie münden in Baljen, die im Gegensatz zu den Prielen bei Niedrigwasser nicht trocken laufen, und diese wieder in Seegatten,

dies werden eiszeitliche Ablagerungen von der Nordsee direkt abgeschnitten. Ich erinnere nur noch einmal an die diluvialen Kerne der friesischen Inseln und die Abbruchkanten des Geestrandes gegen das Wattenmeer. Es folgt hieraus, daß die Nordsee in ihren heutigen Umrißlinien jünger sein muß als die betreffenden Ablagerungen. Um uns von der Entwicklung der heutigen Küstenumrisse ein Bild machen zu können, müssen wir also mindestens bis auf die Eiszeit zurückgehen und versuchen, uns in ihren Verlauf und die Verbreitung, sowie das Alter ihrer Ablagerungen, soweit sie für unser Gebiet in Betracht kommen, einen Einblick zu verschaffen. Wir wollen der Vollständigkeit halber aber noch etwas weiter ausholen.

Schon im Verlaufe der Miozänzeit mag in unserem Gebiete ein flaches Meer existiert haben, das, nach der Verbreitung seiner Ablagerungen zu urteilen, von Westen her über Belgien, Holland, das mittlere und südliche Jütland und Schleswig-Holstein hinweg in das Gebiet der heutigen Ostsee hinübergriff. Auf deutschem Boden ist marines Miozän z. B. in Schleswig-Holstein bei dem Dorfe Wöhrden in einer Tiefe von 140 m in der Gestalt des typischen Glimmertons, der hier eine Mächtigkeit von 107 m besitzt und sich wahrscheinlich in vollständig ungestörter Lagerung befindet, erbohrt[1]). Auf Sylt haben wir diesen am Fuße des Morsumkliffs ja unmittelbar vor Augen. Dieser Urnordsee war aber ein frühzeitiges Ende beschieden. Sie wurde von dem sich allmählich hebenden Lande immer weiter nach Westen verdrängt. Dies geht aus der miozänen Schichtenfolge Sylts deutlich hervor. Auf dem Glimmerton, den wir als Flachseebildung ansprechen müssen, lagert nämlich eine Schichtenreihe von grauen Sanden mit Tonstreifen, die weiter nach oben in rostbraunen Sand übergehen und sich zu dem sogenannten Limonitsandstein verhärten. Wo sich vorher der Glimmerton ablagern konnte, finden wir später die Brandungszone, der die sandigen Schichten ihre Entstehung verdanken. Ueber dem Limonitsandstein folgt der weiße Kaolinsand. Er weist mit seinen Geröllen auf die Existenz eines Flusses hin, der sein Wasser aus baltischen Landen der bereits weiter nach Westen zurückgewichenen Urnordsee zugeführt haben muß[2]). In der Pliozänzeit ist der größte Teil der Nordsee wahrscheinlich Festland gewesen. Wolff[3]) versetzt sogar die Bildung des eigenartigen Sylter Grastorfes, des sogenannten Tuul, in diese Zeit, obwohl dieser im allgemeinen als interglazial angesehen wird. Der Tuul kommt an der Niedrigwasserkante der Westküste Sylts häufig zum Vorschein und ist auch weiter draußen im Meere angetroffen worden. Man muß Wolff Recht geben, wenn er anführt, daß man aus dem Vorkommen glazialer Geschiebe unter und in dem Tuul nicht ohne weiteres auf ein interglaziales Alter schließen darf. Es kann sich dabei allerdings um glaziale Druckerscheinungen handeln, indem die Eismassen der Eiszeit Geschiebe in den Tuul hinein und durch ihn hindurch

1) Vgl. C. Gagel 1, S. 48—50.
2) Vgl. W. Wolff, S. 13—23.
3) Derselbe, S. 27 u. 40.

preßten und ihn so in ihre Grundmoräne aufnahmen, Erscheinungen, wie sie aus dem norddeutschen Flachlande längst bekannt sind. Anderseits muß dem gegenüber aber auch betont werden, daß damit ein pliozänes Alter des Tuul ebensowenig bewiesen ist.

Die Gletscher der Eiszeit fanden jedenfalls im Gebiete der heutigen Nordsee ein mehr oder weniger ausgedehntes Festland vor. Für das norddeutsche Flachland pflegt man ja im allgemeinen drei Vereisungen anzunehmen, getrennt durch längere geologische Zeiträume, sogenannte Interglazialzeiten, in denen das Eis sich weit nach Norden zurückgezogen hatte und ein Klima herrschte, das unserem heutigen Klima ähnlich, wenn nicht sogar noch wärmer gewesen sein mag. Diese Annahme stützt sich in der Hauptsache auf das Vorhandensein dreier Grundmoränen, zwischen denen Ablagerungen liegen, deren Mächtigkeit und Beschaffenheit auf die Existenz längerer, eisfreier Zeiten hindeutet. Vor allem sind es die in den interglazialen Ablagerungen vorkommenden Pflanzenreste, die die Annahme wärmerer Perioden zwischen den einzelnen Vereisungen notwendig machen. Es kann sich dabei nicht um kleinere Oszillationen des Eisrandes während einer einheitlichen, allgemeinen Eisbedeckung, d. h. einer einheitlichen, allgemeinen Kälteperiode handeln. Dagegen spricht auch die Auffindung mächtiger Verwitterungsböden zwischen Moränenschichten. Man hat verschiedentlich diese drei Vereisungen mit den von Penck und Brückner für die Alpen nachgewiesenen zu parallelisieren versucht. Dabei ergibt sich aber immer die Schwierigkeit, daß den vier Hauptvereisungen der Alpen nur drei im norddeutschen Flachlande gegenüberstehen. K. Olbricht[1]) identifiziert nun diese drei Vereisungen mit den drei letzten, den Mindel-, Riß-, Würmvereisungen der Alpen und spricht die Vermutung aus, daß bestimmte, bei Hamburg und Rüdersdorf durchbohrte, eigentümliche Schichten sich bei genauerer Untersuchung vielleicht später einmal als Bildungen einer ältesten Vereisung erweisen könnten, die dann der Günzvereisung der Alpen entsprechen würde. Wie dem auch sei, für uns sind insbesondere das Vorhandensein und die Verbreitung interglazialer mariner Schichten von Interesse, da sie uns einen Aufschluß über die Geschichte der Nordsee während der Eiszeit geben. Wir kennen sie aus beiden zwischen den drei Vereisungen liegenden Interglazialzeiten. Sie deuten zwei große Meerestransgressionen an, die in der Hauptsache das Gebiet der Ostsee betrafen, zum Teil aber auch in unser Gebiet hinübergegriffen haben mögen.

2. Die heutige Nordsee mit ihren Küstenumrissen als Gebilde der Alluvialzeit.

a) Die eiszeitlichen Ablagerungen als Mittel zur Bestimmung ihrer unteren Altersgrenze.

Um uns über das Alter der heutigen Nordsee klar zu werden, müssen wir einen kurzen Blick auf das Alter der glazialen Ablage-

1) Vgl. K. Olbricht 1, S. 30—39.

ausgesetzt sind, so muß den Wassern des zumeist unter gewöhnlichem Hochwasserniveau liegenden Küstengebietes durch große Schleusen, die nach Eintritt der Ebbe geöffnet, nach Eintritt der Flut wieder geschlossen werden, der Austritt ins Meer ermöglicht werden.

Durch die Mündungsarme der Schelde und des Rheins erfährt der Dünenkranz mehrere Unterbrechungen. Nichtsdestoweniger besitzen die seewärts gelegenen Inseln des Seeländischen Archipels, besonders die Insel Schouwen, auf der Seeseite nicht unbedeutende Dünen. In geschlossenem Zusammenhange auf größere Entfernung finden wir den Dünensaum in der niederländischen Provinz Holland wieder. Er bildet hier für die im Hintergrunde liegenden Marschen den natürlichen Schutzwall gegen das Meer. Südlich vom Dorfe Petten, wo er unterbrochen ist, mußte ein kostspieliger, 5 km langer Deich errichtet werden, um dem Meere den Eingang in das hinter den Dünen liegende, tiefere Land abzuschneiden. Bei Haarlem und unweit Alkmaar erreicht er seine größte Breite, die 5 km betragen mag. Hier erreichen die Dünengipfel Höhen bis zu 60 m. Auch nördlich von Petten bis nach Helder, der Nordspitze Hollands, begleitet er die Küste, ist hier aber weniger breit und hoch. Weiterhin finden wir den Dünensaum wieder in der Kette der west- und ostfriesischen Inseln, die durch jene bereits erwähnten, weit in das Wattenmeer eingreifenden Tiefs voneinander getrennt werden. Es sind dies in der Richtung von Westen nach Osten aufgezählt die holländischen Inseln: Texel, Vlieland, Terschelling, Ameland, Schiermonnikoog und Rottum und die deutschen Inseln: Borkum, Juist, Norderney, Baltrum, Langeoog, Spiekeroog und Wangeroog. Dann folgt die große Lücke der Helgoländer Bucht. Hier finden wir die schon erwähnten, ausgedehnten Sande. Nur schwer kann man sich eine Vorstellung machen von den Dimensionen dieser meist vollständig vegetationslosen Inseln, wenn man nicht selbst einmal Gelegenheit gehabt hat, die Entfernungen, die es hier gibt, am eigenen Leibe zu spüren. Teils ragen diese Sande aus dem tieferen Fahrwasser der Flußmündungen empor und tragen dann auch bei Niedrigwasser den Charakter von Inseln, teils stehen sie durch ausgedehnte Wattflächen, die bei Niedrigwasser trocken liegen, mit dem Festlande in Verbindung. Zu den ersteren gehört beispielsweise die Tegeler-Plate, unter den letzteren seien besonders genannt der „hohe Weg“ mit dem sich nördlich daran anschließenden „alten Mellum“ zwischen Weser- und Jademündung, der Ever-Sand, die großen Knecht-Sände, der Schahörn-Sand und der Buschsand, letzterer an der schleswig-holsteinischen Küste gelegen, die entwicklungsgeschichtlich so interessante Insel Trischen tragend. Diese letzteren werden ganz der west- und ostfriesischen Inselreihe analog durch tiefe Rinnen voneinander getrennt, die von der See her weit in die Watten eingreifen und an ihren seeseitigen Enden auch jene eigentümlichen Kolke und Barren aufweisen, wie wir sie bei jener kennen gelernt haben. Es geht hieraus hervor, daß wir es in diesen

Sanden mit ganz ähnlichen Gebilden wie der genannten Inselreihe zu tun haben, nur fehlen ihnen eben die Dünen. Dabei möge es vorläufig dahingestellt bleiben, ob wir in ihnen oder in Teilen von ihnen die Reste ehemals mit Dünen besetzter Inseln zu sehen haben, oder ob es nicht vielmehr Inseln sind, die noch in der Fortentwicklung begriffen sind und vielleicht später einmal Dünen tragen werden, oder ob keins von beiden zutrifft. Abgesehen von den unbedeutenden Dünen an der Westseite des Eilandes Mellum, an der Nordostseite der Insel Neuwerk und der Westseite der Insel Trischen, die, wie wir noch sehen werden, eine besondere Stellung innerhalb des Dünenkranzes einnehmen, finden wir Dünen in größerem Maßstabe erst wieder an der Westküste der Halbinsel Eiderstedt. Es ist dies die einzige Stelle an der deutschen Nordseeküste, wo der Dünensaum eine Strecke auf dem Festlande verläuft. Er bildet hier in ähnlicher Weise wie in Holland den natürlichen Schutzdamm für die hinter ihm liegenden Marschen. Verfolgen wir ihn weiter nach Norden, so tritt er uns auf den nordfriesischen Inseln Amrum, Sylt, Röm, Manö und Fanö mehr oder weniger gut entwickelt entgegen. Der Insel Manö schließt sich als unmittelbare Fortsetzung der Skalling an, jene eigentümliche, von dem Südwestvorsprung Jütlands nach Südosten streichende Halbinsel, die auf den Karten als eine große, zusammenhängende Hochsandplatte erscheint, auf der sich nur zerstreut einige wenige Dünenzüge finden. Von dem Südwestkap aus zieht sich der Dünengürtel beständig an der ganzen Westküste Jütlands entlang, bald auf diluvialen, tertiären oder kreidigen Hochufern, bald auf flachen, alluvialen Rändern, bald auf langen Nehrungen, aber immer auf dem Festland verlaufend. Er erreicht hier Höhen von 35 m; seine Breite schwankt zwischen Metern und Kilometern. Sein Ende findet er in der Nordspitze Jütlands, dem Kap Skagen. Die Häuser der Stadt Skagen sind in den Mulden und Tälern zwischen den einzelnen Sandhügeln, sowie auf ihren Kuppen erbaut. Der Sand übt hier unumschränkte Herrschaft aus.

II. Entwicklungsgeschichte der Küste vom Ende des Tertiärs bis zur Gegenwart.

1. Die Entwicklungsgeschichte des Nordseegebietes während des Jungtertiärs und des Diluviums.

Aus dem allgemeinen Ueberblick geht zur Genüge hervor, daß ein tieferes Verständnis für den Werdegang unserer ost- und nordfriesischen Inselreihe und unserer Nordseedünen nur möglich ist im Rahmen einer allgemeinen Entwicklungsgeschichte der ganzen Nordseeflachküste. Schon durch verhältnismäßig einfache Ueberlegungen werden wir zu dem Schluß gezwungen, daß die heutige Nordsee, geologisch gesprochen, sehr jugendlichen Alters ist. Machen doch die Flora und die Fauna der britischen Inseln die Annahme einer breiteren Landverbindung derselben mit dem europäischen Kontinent während oder sogar am Ende der Eiszeit notwendig. Ueber-

Gegensatz. Er kann infolgedessen erst entstanden sein in einer Zeit, in der die Nordsee als Nachbar des europäischen Nordmeeres längst existierte. Die Nordsee bestand also zunächst in der Gestalt einer großen Bucht des europäischen Nordmeeres. Es wurde schon angedeutet, daß eine allgemeine Senkung die Ueberflutung des Kontinentalsockels von Norden her ermöglicht haben könnte. Nichtsdestoweniger bedarf die Frage, ob und inwieweit das der Fall ist, noch einer näheren Erörterung.

Es ist längst bekannt, daß auch ohne jede Senkung lediglich durch die abradierende Tätigkeit der Meereswellen sanft vom Rande des Kontinentalsockels aus gegen das Land hin ansteigende Flächen, sogenannte Abrasionsterrassen, geschaffen werden können. Je stärker die Brandung, je weniger widerstandsfähig das Gestein, je günstiger die Lagerungsverhältnisse desselben für eine Zerstörung durch die Wellen sind, je niedriger der Küstenabfall ist, eine um so breitere Brandungsterrasse wird sich in einer gegebenen Zeit entwickeln können. Vor allem spielt die Höhe des Küstenabfalls für die aus einer durch bestimmte Faktoren bedingten Brandungsstärke resultierende Breite der Abrasionsterrasse eine wichtige Rolle. Je höher der Küstenabfall ist, desto größer ist die Menge des bei der Unterspülung nachstürzenden Materials, das von den Wellen fortgeschafft werden muß, bevor die Brandungsterrasse sich weiter in das Land einfressen kann; die Abrasion kann in diesem Falle nur außerordentlich langsam vor sich gehen, ja sogar ganz stillgelegt werden, sobald — und das wird verhältnismäßig rasch eintreten — die gesamte Wellenkraft durch den Transport des Materials der Küste entlang aufgebraucht wird[1]). Es ergibt sich somit rein theoretisch, daß für die Entstehung eine Senkung an und für sich nicht unbedingt angenommen zu werden braucht, zumal die Bedingungen einer breiten Brandungsterrasse augenscheinlich in unserem Gebiet außerordentlich günstige waren. Müssen wir doch annehmen, daß die Diluvialablagerungen sich einst weit über den Rand der heutigen Nordsee hinausstreckten, einmal weil die rechtwinkelige Helgoländer Bucht nicht als natürliche Grenze ihrer Verbreitung angesehen werden kann, andererseits weil sie sich am Boden der Nordsee weiter verfolgen lassen. In diese lockeren Ablagerungen konnten die Wellen vielleicht auch ohne Hilfe eines Senkungsvorganges eine breite Brandungsterrasse einarbeiten, zumal der Küstenabfall des nordwestdeutschen Flachlandes ein sehr niedriger ist. Die Annahme, die Nordsee sei lediglich als eine Brandungsterrasse ohne jede Senkung aufzufassen, läßt aber die Frage unbeantwortet, wo das gesamte Material, das die Meereswellen zerstört haben, geblieben ist. Abrasionsküsten, die ohne jede Senkung entstanden sind, müssen in benachbarten Gebieten Schwemmlandsküsten entsprechen, die aus dem von jenen fortgeführten Material aufgebaut sind. Diese lassen sich aber für die Nordsee nicht nachweisen. Wir gelangen somit

1) Vgl. zu diesen Ausführungen A. Philippson, S. 16—19.

zu der Anschauung, daß das Vordringen des europäischen Nordmeeres in das Gebiet der heutigen Nordsee durch einen allmählichen Senkungsvorgang ermöglicht wurde, der den abradierenden Wellen als treuer Bundesgenosse zur Seite stand. Die Annahme eines solchen findet eine weitere Stütze in dem Umstande, daß wir in dem Randgebiete der Nordsee noch heute deutliche Spuren einer solchen finden. Diese bestehen einmal in den schon häufiger erwähnten, vom Festlande vollständig losgelösten diluvialen Kernen der Inseln, andererseits aber auch in dem Vorkommen unterseeischer Wälder und Torfmoore, wie sie an der ganzen, vor allem auch an der deutschen Nordseeküste verbreitet sind. So finden sich nach Forchhammer[1]) an vielen Stellen des schleswig-holsteinischen Wattenmeeres Baumstümpfe, die noch jetzt in dem älteren Sandboden wurzeln, so daß man nicht im geringsten daran zweifeln kann, daß die Bäume an Ort und Stelle gewachsen sind und durch eine Senkung des Landes unter den Meeresspiegel gerieten. „Bei einem kleinen Hallig (so heißt eine nicht eingedeichte Marschinsel), namens Oeland, stehen diese Stümpfe nahe an der Wasseroberfläche so dicht aneinander, daß die Boote sehr behutsam gelenkt werden müssen, um nicht darauf zu stoßen. Auf einer andern Stelle, zwischen Romö und dem Festlande, stehen sie in einer größeren Tiefe von ungefähr 10 Fuß unter der mittleren Höhe des Meeresspiegels.“ Ueberdies führt v. Fischer-Benzon[2]) an, daß Eichenstubben im Watt bei Hörnum an der Südspitze von Sylt und Kieferstubben am Strande von Tjäreborg südlich von Esbjerg in Jütland gefunden sind. Auch im Gebiete der Elbe-, Weser- und Jademündungen und der ostfriesischen Inseln sind solche Funde keine Seltenheit. So sind nach dem Bericht der Strombauabteilung der Kaiserlichen Werft in Wilhelmshaven auf der Geniusbank, die sich aus der tiefen Rinne der Jade erhebt und wahrscheinlich den Rest einer ehemaligen Diluvialinsel darstellt, Baumreste ausgebaggert worden, die nach den allerdings noch nicht abgeschlossenen Holzuntersuchungen Brakenhoffs der Kiefer, Birke, Erle, Eiche, kleinblättrigen Linde, Fichte und Hasel angehören. Im allgemeinen scheinen sich nach dem angeführten Bericht die Funde von Baumresten unter dem Meeresspiegel im Jadegebiet auf Bruchstücke alter Diluvialrücken zu beschränken, wie sie, abgesehen von der bereits genannten Geniusbank, uns in dem verhältnismäßig hoch liegenden Diluvium des „hohen Wegs“ und der „alten Mellum“ entgegentreten. Interessant ist bei den von der Strombauabteilung der Kaiserlichen Werft ausgeführten Baggerungen der Umstand, daß Vorkommnisse von Waldtorf über die Nordgrenze der Inseln hinaus bis weit in die Nordsee hinein haben festgestellt werden können. So sind im Wangerooger Fahrwasser noch Reste von festgelagertem Waldtorf vorhanden; auf der nordöstlich von Wangeroog gelegenen Jadeplatte ist in etwa 19 m Tiefe

1) Vgl. G. Forchhammer 1, S. 475—481.
2) Vgl. R. v. Fischer-Benzon, S. 31 u. 32.

rungen werfen, die die Nordsee umrahmen. Dabei kommen für uns eigentlich nur die bereits erwähnten Diluvialablagerungen in Betracht, die vom Festlande vollständig abgeschnitten oder in Kliffs angeschnitten werden. Nach dem heutigen Stande der Glazialgeologie zu urteilen, kommen für die Oberflächengestaltung des norddeutschen Flachlandes nur die beiden letzten Eiszeiten in Frage. Nach den Untersuchungen C. Gagels[1]) entspricht die westliche Grenze der letzten Vereisung in Schleswig-Holstein etwa dem heutigen Küstenverlauf. Sylt wurde von ihr nicht mehr erreicht. Die Moräne des roten Kliffs auf Sylt setzt schon wegen ihrer tiefgründigen Verwitterung ein höheres Alter voraus als der verhältnismäßig frische und weniger verwitterte Geschiebemergel vom Emmerleff-Kliff bei Hoyer. Nach K. Olbricht[2]) dürften die Würmgletscher nicht über die Täler der Weser und Aller hinausgegangen sein. Dies stimmt sehr gut mit den Anschauungen Wahnschaffes[3]) überein, der in den Geschiebesanden der Altmark und der Lüneburger Heide sandige Vertreter einer Grundmoräne sieht und sie als Aequivalente des der letzten Vereisung angehörigen oberen Geschiebemergels auffaßt. Die Oberflächengestaltung des ganzen Flachlandes westlich der Grenze der letzten Vereisung wird lediglich bedingt durch die Ablagerungen der vorletzten Eiszeit. Wir können dabei von dem Schotterdiluvium, das den südwestlichen Teil der Geest Hollands bildet und in der Hauptsache dem Rhein seine Entstehung verdankt, absehen, da es für eine Altersbestimmung der heutigen Nordseeumrisse für uns nicht in Betracht kommt.

Aus diesen Darlegungen geht hervor, daß die heutigen Umrisse der Westküste Schleswig-Holsteins zum Teil jünger sein müssen als die letzte Vereisung, da Schichten derselben im Emmerleff-Kliff angeschnitten werden. Das gleiche gilt für das Mündungsgebiet der Weser und Elbe. Müssen wir doch nach den angegebenen, großzügigen Grenzlinien der letzten Vereisung die diluvialen, zum Teil mit alluvialen Dünensanden bedeckten Sande, die in dem Geestrand bei Duhnen anstehen, ihrem Alter nach dieser zurechnen, wenn auch die Untersuchungen darüber noch keinen sicheren Schluß zulassen. Für den ganzen übrigen Teil der in Frage kommenden Süd- und Ostumrandung der Nordsee ergibt sich als untere Altersgrenze die vorletzte Vereisung.

Bei dieser ganzen Erörterung handelt es sich natürlich nur um die Feststellung des Alters der Umrißlinien im großen. Die Umrißlinien, wie sie im einzelnen durch den Verlauf des Marschen- und Dünengürtels bedingt werden, sind weit jünger. Wird doch die Bildung eines Marschen- und Dünengürtels überhaupt erst möglich durch die Existenz eines Meeres in unserem Gebiete.

Nach der Gewinnung einer unteren Altersgrenze der Umrißlinien der heutigen Nordsee müssen wir versuchen, auf anderem Wege

1) Vgl. C. Gagel 2, S. 581—586.
2) Vgl. K. Olbricht 1, S. 34.
3) Vgl. F. Wahnschaffe, S. 326.

Anhaltspunkte für eine genauere Altersbestimmung zu gewinnen. Hierfür sind uns gewisse Anschauungen K. Olbrichts von Nutzen. Olbricht[1]) sieht in dem baltischen Höhenrücken im Gegensatz zu der gewöhnlichen Anschauung, die in ihm eine Rückzugsmoräne der letzten Vereisung erblickt, die Endmoräne eines nochmaligen, selbständigen Vorstoßes des Inlandeises. Olbricht parallelisiert diesen Vorstoß mit dem Bühlvorstoß der Alpengletscher und bezeichnet ihn deshalb als baltischen Vorstoß. Die zwischen der letzten Hauptvereisung und dem baltischen Vorstoß liegende Zeit nennt Olbricht baltische Schwankung, um damit ihre wahrscheinliche Gleichzeitigkeit mit der Achenschwankung in den Alpen anzudeuten. Olbricht kommt zu dieser Anschauung durch die Erkenntnis gewisser morphologischer und tektonischer Vorgänge, die sich während der baltischen Schwankung abgespielt haben und auf eine lange Zeitdauer derselben schließen lassen. Aus der Diskordanz zwischen den Endmoränen der letzten Hauptvereisung und denen des baltischen Vorstoßes, die darin zum Ausdruck kommt, daß sich in Schleswig-Holstein die baltische Endmoräne der Westgrenze der Würmvereisung bis auf 50 km nähert, während sie schon im Längengrade von Berlin um mehr als 200 km von dieser entfernt bleibt, schließt Olbricht, daß große Gebiete Nordwestdeutschlands sich während der baltischen Schwankung gesenkt hätten, so daß der jüngere Eisstrom unter wesentlich anderen topographischen Verhältnissen vorrücken konnte. Es erscheint mir daher nicht ausgeschlossen, daß während der baltischen Schwankung ein allmählicher Senkungsvorgang einsetzte, der der Nordsee den Eingang in die Kontinentalmasse Europas hinein verschaffte und später die Isolierung der diluvialen Kerne zur Folge hatte, wie sie uns einmal in einem Teil der friesischen Inseln, andererseits in dem Marschengürtel als Inselberge entgegentreten.

b) Die heutige Nordsee als Bucht des europäischen Nordmeeres entstanden durch einen allmählichen Senkungsvorgang.

Die heutige Nordsee ist eine leichte Ueberflutung des europäischen Kontinentalsockels. Ihr Boden dacht sich allmählich nach Norden zu einer Tiefe von 200 m ab, geht dann aber mit einem starken Gefällsknick schnell in die größeren Tiefen des Atlantischen Ozeans oder des europäischen Nordmeeres über. Während sie gegen den Atlantischen Ozean durch die Schwelle der Orkney- und Shetlandsinseln abgeschlossen wird, steht sie mit dem europäischen Nordmeere in breiter Oeffnung in Verbindung und ist nach Krümmel[2]) als dessen und damit des arktischen Mittelmeeres engster Nachbar zu betrachten. Der schmale Zugang vom Atlantischen Ozean durch den Kanal im Südwesten steht zu der breiten Oeffnung und der allgemeinen Abdachung nach Norden in schroffem

1) Vgl. K. Olbricht 2, S. 320.
2) Vgl. O. Krümmel 1, S. 6 u. 7.

Schwemmlandsküsten. Sie sind aufgebaut einmal aus dem Material, das durch die Küstenversetzung von den Abrasionsküsten fortgeführt ist, andererseits aus dem Detritus der Flüsse, soweit er von der Küstenversetzung mit erfaßt und später nach den für das Meer geltenden Gesetzen abgelagert ist. Der Transport des Materials, sowie die Ablagerung findet auf einer bestimmten Linie statt, und zwar ist das die Linie, auf der die Wellen branden, d. h. die Orbitalbewegung um einen ruhenden Mittelpunkt sich in eine horizontale Massenbewegung umsetzt. Diese Linie kann sich unmittelbar an die Küste anlehnen, kann sich aber auch davon loslösen. Das letztere tritt in der Hauptsache in zwei Fällen ein, einmal, wenn das Land unter einem ganz flachen Winkel sich unter das Meeresniveau hinabsenkt, an der Küste infolgedessen ein Streifen seichten Meeresbodens vorhanden ist, der die Kraft der Wellen infolge Reibung am Boden sehr vermindert und sie in einer bestimmten Linie, die im allgemeinen einer Isobathe entsprechen wird, zur Ablagerung zwingt; andererseits bei tief in das Land einschneidenden Buchten, wo die Wellen infolge Reibung an den Seitenufern und am Boden so viel Kraft einbüßen, daß sie das Material vor Erreichung des hinteren Teiles der Bucht fallen lassen müssen. Im ersteren Falle entstehen langgestreckte, auf weite Strecken fast gradlinig verlaufende, im zweiten in sanft geschwungenen, nach der Seeseite konkaven Kurven sich von dem einen nach dem anderen Ufer der Bucht hinziehende Strandwälle[1]). Sobald derartige Strandwälle über das Niveau des mittleren Meeresspiegels hinausragen — auch an gezeitenfreien Meeren ist die Höhenlage des Meeresspiegels ja nicht konstant, sondern Schwankungen unterworfen (z. B. infolge der stetigen Veränderungen in der Richtung und Stärke der Winde) — und Dünenbildung einsetzen kann, werden sie zu Nehrungen. Aus dieser Art der Entstehung ergibt sich von selbst, daß sehr wohl primäre Lücken in der Nehrung vorhanden sein können. Wenn aus irgendwelchen lokalen Gründen an irgendwelchen Stellen mehr Schutt fort- als zugeführt wird, so entstehen notwendigerweise Lücken in der Nehrung. Diese werden im allgemeinen aber nur vorübergehend sein. Falls der Küste im ganzen dauernd Material zugeführt wird, werden sie sich allmählich schließen. Dem gegenüber stehen Lücken, die durch Flüsse erzeugt werden, die der Küste zuströmen. Die von den Flüssen der Küste zugeführten Wassermassen werden sich, soweit sie nicht von dem dem Meere etwa zufließenden Grundwasserstrom aufgenommen werden können, durch die Nehrung hindurch einen Weg zum Meere offen halten. Die schwankende Wasserführung derselben kann dazu führen, daß sich eine derartige Lücke in der Nehrung vorübergehend schließt. Späterhin suchen sich dann die aufgestauten Flußwasser gewaltsam häufig an anderer Stelle einen Ausgang zum Meere. Die hinter den Nehrungen liegenden Haffs können durch die Tätigkeit der Vegetation oder den von den Flüssen zugeführten Detritus verlanden, und es entstehen Marschen.

1) Vgl. A. Philippson, S. 1—40.

Bei dieser ganzen Erörterung setzten wir eine mehr oder weniger konstante Lage des Meeresspiegels voraus. Wie wird aber in einem Gebiete mit starken Gezeiten die Entwicklung vor sich gehen? Auch in einem solchen Gebiete wird sich, sofern es außerhalb des Gebietes der Abrasion liegt, eine thalassogene Schwemmlandsküste entwickeln müssen. Welchen Charakter wird sie indes tragen? Uns interessiert hier insbesondere der zuerst behandelte Fall, bei dem wir ein unter sehr flachem Winkel sich unter den Meeresspiegel hinabsenkendes Land voraussetzten. Nehmen wir an, daß der im übrigen konstante Meeresspiegel den Gezeitenschwankungen unterliegt, so ist das bei Hochwasser vom Meere bedeckte Areal ein größeres als bei Niedrigwasser. Je flacher der genannte Winkel ist, um so mehr wird sich der vertikale Höhenunterschied zwischen Hoch- und Niedrigwasser auch in einer verschiedenen Arealgröße des jeweilig von Wasser bedeckten Gebietes, also in horizontalem Sinne, äußern. Es schaltet sich dann ein zwischen Land und Meer strittiges Gebiet, die sogenannten Watten, ein. Führt jetzt die Küstenversetzung Material zu, so wird auch dies in einer bestimmten Linie transportiert bzw. abgesetzt werden. Theoretisch müßte diese Linie fortwährenden periodischen Verschiebungen unterliegen. Bei Hochwasser müßte sie landeinwärts, bei Niedrigwasser seewärts verschoben werden. Es ist demgegenüber aber zu betonen, daß bei genügender Schuttzufuhr nicht das gesamte Material diesen Verschiebungen unterliegen wird. Ein Teil mag bei Flut weiter landeinwärts geschoben werden, der viel kräftigere Ebbestrom wird aber auch dies wenige Material wieder mit sich fortführen und an der Grenze der Niedrigwasserlinie absetzen. So wird sich im allgemeinen überhaupt die Transport- bzw. Absatzlinie des Meeresdetritus eng an die Niedrigwasserlinie anschmiegen und hier bei genügender Schuttzufuhr zur Bildung eines Strandwalls und schließlich einer Nehrung Veranlassung geben.

Wird diese Nehrung im allgemeinen geschlossen sein? Das hinter der Nehrung liegende Gebiet unterliegt täglich zweimal den periodischen Schwankungen des Meeresspiegels durch die Gezeiten. Das bei Flut sich auf den Watten ansammelnde Wasser wird beim Fallen des Meeresspiegels durch den Ebbestrom dem Meere wieder zugeführt. Um diese Be- und Entwässerung des Wattenmeeres zu ermöglichen, müssen sich in dem Strandwall Lücken erhalten, zumal wenn dieser eine große Längsausdehnung besitzt. Bei kleineren Nehrungen mag eine einzige Lücke genügen, und zwar kann diese zwischen dem einen Nehrungsende und dem gegenüberliegenden Ufer des Landes liegen, so daß dadurch die Geschlossenheit der Nehrung und ihr unmittelbarer Zusammenhang mit dem festen Lande durch ihr anderes Ende gewahrt bleibt. Bei ausgedehnteren Nehrungen wird sich dagegen eine ganze Reihe von Lücken erhalten müssen, so daß es nicht zur Ausbildung einer geschlossenen Nehrung, sondern zu der einer Inselreihe kommt. Wie diese Entwicklung im einzelnen vor sich geht, und wodurch die jeweilige Lage und Anzahl der Unter-

eine wenig mächtige Waldtorfschicht angetroffen werden. Sie ruht teils auf humosem braunen Ton, teils auf Grundmoräne. Ebenso traf eine Baggerung in der Nähe der Schahörntonne vor der Außenelbe noch Waldtorf an. So ziehen sich nach Prestel[1]) unter den ostfriesischen Inseln Dargschichten[2]) hindurch. Ihre Köpfe treten nördlich von den Inseln zutage, und man findet in ihnen Holz verschiedener Baumarten. Außerdem erwähnt Arends[3]), daß an der Nordwestecke der Insel Borkum 1789, als ein heftiger Sturm den Sand abgeschwemmt hatte, im Boden wurzelnde Baumstubben zum Vorschein gekommen wären. Nach Wildvang[4]) sind im Wattengebiet südlich von Borkum an der Fischerbalge unter 2 m mächtigem marinen Alluvium Moore und fluviatile Tone erbohrt. Auch der Memmert, jene Düneninsel an der Südwestseite von Juist, scheint auf Torfschichten aufzuruhen. Aus allen diesen Funden geht hervor, daß wir die Spuren eines wahrscheinlich altalluvialen Festlandes noch heute etwa bis zur 20-m-Tiefenlinie der Nordsee verfolgen können. Nur dadurch, daß wir allein für die Zeit, die seit ihrer Bildung verflossen ist, einen Maximalsenkungsbetrag von 20 m annehmen, können die auf festem Lande gewachsenen Wälder und Moore bis in die angeführten Tiefen unter den Meeresspiegel gekommen sein. Der Gesamtbetrag der Senkung, die dem Meere seit der letzten Hauptvereisung den Eingang in das Gebiet der heutigen Nordsee verschafft hat, wird im ganzen ein noch viel größerer gewesen sein[5]). Es sei an das Gesagte anknüpfend gleich darauf hingewiesen, daß wir in den genannten Torf- und Tonschichten, sowie in den Baumstubben Glieder des ältesten Marschalluviums zu erblicken haben, dessen Entstehung, wie wir später sehen werden, seinerseits auch wieder auf Senkung schließen läßt.

c) Die Entwicklungsreihe der Wattenschwemmlandsküsten.

Ganz im Gegensatz zur alluvialen Geschichte der Ostsee ist die alluviale Geschichte der Nordsee noch in ziemliches Dunkel gehüllt. Das liegt besonders daran, daß die Nordsee fast ganz außerhalb jenes großen baltischen Gebietes liegt, in dem während der Postglazialzeit noch bedeutende Schwankungen in der Verteilung von Land und Wasser stattgefunden haben, die sich geologisch auf rein stratigraphischem Wege nachweisen lassen. Die Nordsee hatte bereits in altalluvialer Zeit im großen ihre heutigen Umrisse. Alle die Veränderungen, die sie im weiteren Verlaufe der Alluvialzeit erfahren hat, beschränken sich lediglich auf einen schmalen Küstengürtel. Und doch können wir keineswegs behaupten, daß wir uns

1) Vgl. M. A. F. Prestel, 1870, S. 20.
2) Darg = Torf, der durch sandige und tonige Beimengungen verunreinigt ist.
3) Vgl. F. Arends 4, Bd. I, S. 358.
4) Vgl. D. Wildvang, S. 34.
5) Die Senkung muß als eine von der jeweiligen Küste immer weiter auf das Festland übergreifende gedacht werden.

über diese Veränderungen auch nur einigermaßen im klaren wären. Das hat seinen Grund darin, daß die Erkenntnis der verwickelten Erscheinungen und Vorgänge an Flachküsten noch nicht abgeschlossen ist, vielmehr noch große Lücken aufweist. So wird es uns auch leichter verständlich, daß über die Ursachen und Vorgänge, die zur heutigen Gestaltung unserer Flachküste führten, sich die verschiedensten Meinungen gegenüberstehen. Nur gründliche Spezialuntersuchungen und intensive Kleinarbeit können uns ein Rüstzeug liefern, das den Blick für die Erkenntnis der morphologischen Erscheinungen an Flachküsten schärft. Wir müssen uns also von vornherein darüber klar werden, daß ein Versuch einer Entwicklungsgeschichte unserer heutigen Küstengestalt auf Grund dieser lückenhaften Kenntnis immer nur ein Versuch bleibt, der bestenfalls eine Anregung zu weiteren Untersuchungen geben, niemals aber das Recht, eine endgültige Lösung gefunden zu haben, beanspruchen kann, zumal auch das geologische Material, worauf sich ein solcher Versuch immer aufbauen muß, für die Nordsee nur in ziemlich dürftiger Menge vorliegt.

Suchen wir uns zunächst einen Einblick in die Vorgänge an Meeresküsten auf mehr oder weniger rein theoretischem Wege zu verschaffen. Wir gehen aus von einem in seiner Höhenlage festen Kontinente mit beliebigen Umrißlinien und einem daran grenzenden Meere mit konstantem Wasserspiegel. Die an der Küste nagende Brandung arbeitet allmählich eine Brandungsterrasse in den Kontinentalsockel hinein. Nur wenn eine starke Küstenversetzung herrscht, d. h. Wellen und Küstenströmungen das von der Brandung zerstörte Material der Küste entlang fortschaffen, kann sich die Brandungsterrasse zu größerer Breite entwickeln. Eine größere Anhäufung von Brandungstrümmern stellt die Abrasion still. Diese kann überhaupt nicht unbegrenzt weiter gehen. Bei ihrem Fortschreiten treten immer ungünstigere Bedingungen ein; denn durch das Breiterwerden wird die Neigung der Terrasse geringer (da eine merkliche Wirkung der Wellen auf den Meeresboden nur bis 200 m Tiefe reicht, die Terrasse darüber hinaus also nicht vertieft werden kann), die Tieferlegung geht langsamer vor sich (da die Arbeitskraft der Wellen mit der Tiefe abnimmt), ja, da das Land landeinwärts zumeist anzusteigen pflegt, wird die Menge des nachstürzenden Schuttes immer größer, und die Kraft der Wellen reicht schließlich kaum noch für den Transport des Schuttes aus. Es wird also schließlich ein Punkt erreicht, über den die Abrasion nicht hinausgehen kann. Die Verbindungslinie aller dieser Punkte ergibt die Abrasionsterminante, d. h. die Kurve, über die die Abrasion nicht hinausgehen kann, solange nicht eine Veränderung des Niveaus, der Stärke und Richtung der Winde usw. günstigere Bedingungen für die Abrasion herbeiführt. Das von den Wellen und Strömungen transportierte Material kommt nun an den Küsten, die landeinwärts der Abrasionsterminante, d. h. außerhalb des Gebietes der Abrasion liegen, zur Ablagerung. Es entstehen sogenannte thalassogene

brechungen im Inselgürtel bedingt wird, dafür können wir bei der augenblicklichen Kenntnis der Erscheinungen noch keine endgültige Erklärung geben. Es sollen nur einige Richtlinien angegeben werden, die hierbei eine gewisse Rolle spielen müssen. Diejenigen Teile des Strandwalls, deren Höhenwachstum bereits so weit gediehen ist, daß sie über das Niveau des mittleren Hochwassers hinausragen, werden von den periodischen Höhenschwankungen des Meeresspiegels nicht mehr erreicht. Sie werden vom Ebbe- und Flutstrom umflossen und bilden daher natürliche Ansatzpunkte für die Ablagerung des zugeführten Materials. Dieselbe Rolle können Inseln oder natürliche Untiefen, die in der Bodengestalt des Meeres unmittelbar bedingt sind, spielen, sofern sie in der Absatzlinie liegen. Durch das sich an diese Punkte anschließende Seitenwachstum der Inseln werden die Oeffnungen, durch die bei Flut und Ebbe der Zu- bzw. Abfluß stattfindet, verengt. Dieselbe Wassermasse, die dem Wattengebiet zunächst auf der ganzen Fläche, sodann in breiteren Zonen zufließen bzw. von ihm zurückfließen konnte, hat bei einem späteren Entwicklungsstadium nur noch schmale Wege zur Verfügung, auf denen sie zu- und abströmen kann. Es folgt hieraus, daß mit dem Seitenwachstum der Inseln eine Uebertiefung der Oeffnungen Hand in Hand gehen muß. Diese Vertiefungen sind bei Ebbe natürliche Anziehungspunkte für das abfließende Wasser. Es entwickeln sich auf den Watten regelrechte Rinnensysteme, die baumartig sich verzweigend von jeder dieser Oeffnungen ausgehen und im Wattengebiet durch deutliche Wasserscheiden voneinander getrennt werden. Die Lage der Wasserscheide wird im allgemeinen einer Linie entsprechen, die die hinter einer Insel auf dem Watt bei Hochwasser befindliche Wassermenge in zwei gleiche Teile teilt. Der eine Teil wird um das eine, der andere um das andere Ende der Insel herum entwässert. Dadurch, daß die Oeffnung an einem Inselende einen stärkeren Anziehungspunkt darstellt, kann allerdings eine Verschiebung eintreten. Ueberhaupt ist infolge der beständigen Umlagerungen im Wattengebiet die Wasserscheide fortwährenden Veränderungen unterworfen. Die Anzahl der Oeffnungen im Inselgürtel muß in inniger Beziehung stehen zu der zu- und fortzuführenden Wassermenge. In Gebieten, wo der Tidenhub gering ist, wird eine kleinere Anzahl von Oeffnungen oder werden Oeffnungen von kleineren Dimensionen die Ent- und Bewässerung des Wattengebietes besorgen können als in Gebieten mit stärkeren Gezeitenschwankungen auf gleiche Entfernung. Somit wird also auch die Insellänge abhängig sein von der Größe des Tidenhubes.

Es sei noch besonders betont, daß das Seitenwachstum der Inseln nicht zu einer dauernden Schließung der Inseln führen kann, solange das hinter den Inseln gelegene Gebiet im Bereiche der Ebbe und Flut liegt. Es wird sich vielmehr schließlich ein Gleichgewichtszustand herausbilden. Die Uebertiefung der Oeffnungen kann natürlicherweise nicht bis ins Unendliche weitergehen, und somit ist auch dem Seitenwachstum der Inseln eine Schranke gesetzt. Das zu-

geführte Material wird nur noch zu ihrer Verbreiterung und Erhöhung verwandt.

Die Entwicklung braucht damit aber keineswegs abgeschlossen zu sein. Die tiefen Rinnen bilden Gebiete stärkeren Wellenganges. Sind bestimmte Winde nach Richtung und Stärke vorherrschend, so nagen die von ihnen erzeugten Wellen an den ihnen ausgesetzten Köpfen der Inseln, während an den ihnen abgewandten Enden günstige Bedingungen für Ablagerung vorhanden sind. Daneben spielt aber auch die Verschiebung des Stromstrichs in den Rinnen durch die Winde eine wichtige Rolle, beides Vorgänge, auf die bei der speziellen Betrachtung der Nordseeinseln noch zurückzukommen sein wird. Die Folge ist eine Verschiebung der Rinnen und Inseln in der Richtung der herrschenden Küstenversetzung. Das Wandern der Inseln braucht nicht etwa erst nach Herausbildung des Gleichgewichtszustandes zu beginnen. Es liegt nichts im Wege, anzunehmen, daß schon bei gewissen Entwicklungsstadien der Inseln, sofern nur eine ausgesprochen vorherrschende Küstenversetzung vorhanden ist, der Anwachs lediglich in einer bestimmten Richtung stattfindet, die sich dann eben mit der der Küstenversetzung deckt. An dem entgegengesetzten Ende der Inseln kann dabei sogar eine Zerstörung stattfinden. Immer aber wird in den ersten Entwicklungsstadien der Anwachs an dem einen Ende größer sein als der Abbruch an dem anderen. Erst wenn der Gleichgewichtszustand erreicht ist, werden sich Zuwachs und Abbruch die Wage halten.

Mit der geschilderten Entwicklung der Inseln geht nun zugleich ein anderer Vorgang Hand in Hand, der den eben abgeleiteten Gleichgewichtszustand der Inseln gar nicht aufkommen läßt. Durch die Bildung des Inselgürtels wird von dem bewegteren, offenen Meere ein ruhigerer Meeresteil, das Wattenmeer, abgegliedert. Die der Schwemmlandsküste zugeführten Massen von Meeresdetritus werden von einem bestimmten Zeitpunkt an nicht mehr lediglich für die Weiterentwicklung des Inselgürtels verwandt, sondern zu einem beträchtlichen Teile von dem Flutstrom in das Wattenmeer hineingeführt und hier in dem ruhigeren Wasser abgesetzt, ohne von dem Ebbestrom in ihrer Gesamtheit zurücktransportiert zu werden. Das Vorhandensein großer Mengen Meeressandes auf den Nordseewatten mag dafür als Beleg angeführt werden. Die Watten erhöhen sich also nach und nach und entziehen sich so zunächst in einzelnen Teilen, die insular auftreten können oder — und das wird das Allgemeine sein — sich unmittelbar an das Festland anschließen, wo die günstigsten Bedingungen für die Ablagerung sind, schließlich aber ganz der Ueberflutung. Aus dem zwischen Land und Meer strittigen Gebiet wird ein landfestes Schwemmland. Es sei noch hinzugefügt, daß auch die absterbenden Organismen des Wattenmeeres selbst und der Detritus der Flüsse regen Anteil an der Aufhöhung nehmen werden. Zugleich läßt sich, wenigstens auf den Watten unserer Nordsee, eine regionale Differenzierung in dem abgelagerten Material feststellen. Je mehr wir von dem Inselgürtel

ausgehend uns dem Festlande nähern, um so mehr überwiegen die tonigen, schlickigen Bestandteile über den Sand. Es mag dies einmal daran liegen, daß der dem Wattenmeere zugeführte Detritus der Flüsse schon zum größten Teile in nächster Nähe der Festlandsküste zur Ablagerung kommt, andererseits wird aber auch die Abnahme der Stärke des Wellenschlages mit der Entfernung vom offenen Meere nicht ohne Einfluß sein.

Die geschilderte Aufhöhung muß notwendigerweise eine Rückwirkung auf die Zertalung der Watten durch Rinnensysteme ausüben. Mit wachsender Höhenlage derselben wird nämlich die bei Flut und Ebbe zu- und abzuführende Wassermenge geringer. Die Rinnensysteme, die ja die Be- und Entwässerung besorgen, werden mehr und mehr entlastet, passen sich den an sie gestellten, verminderten Anforderungen an und verlanden schließlich ganz, indem sie nach und nach das ehemalige Wattengebiet räumen müssen. Die endgültige Folge wird sein, daß auch die Oeffnungen zwischen den einzelnen Inseln sich schließen, so daß von den ursprünglichen, charakteristischen Merkmalen einer Wattenschwemmlandsküste nichts übrig bleibt. Die Entwicklungsreihe ist dann damit abgeschlossen.

Es sei noch besonders darauf hingewiesen, daß die geschilderte Entwicklungsreihe einer Wattenschwemmlandsküste Störungen und Unterbrechungen erfahren oder in einem beliebigen Entwicklungsstadium auch ganz abgeschnitten werden kann. Wir brauchen ja nur eine Landeinwärtsverschiebung der Abrasionsterminante anzunehmen, wie sie durch Verminderung der Zufuhr von Detritus und durch eine Veränderung der Winde nach Stärke und Richtung zugunsten der Abrasion usw. hervorgerufen wird, so gerät die einst außerhalb des Bereiches der Abrasion liegende Küste (deshalb Schwemmlandsküste) in das Bereich derselben und geht ihrer allmählichen Zerstörung entgegen.

Die normale Entwicklung einer Wattenschwemmlandsküste hat nach dem Ausgeführten einige interessante Punkte mit der Bildung der sogenannten Fastebenen auf dem festen Lande gemeinsam, die hier doch noch angeführt werden sollen. Eine sich um eine bestimmte Höhe, sagen wir 1000 m, über den Meeresspiegel erhebende Landmasse erfährt, sofern das Klima und ihre Gesteinsbeschaffenheit die Entstehung von Flußläufen zulassen, zunächst eine intensive Gliederung durch Zertalung, eine Verstärkung der Unebenheiten des Reliefs durch Auflösung in Höhenzüge und Senken. Erst nach einer gewissen Zeit verflachen sich die Höhenzüge, verbreitern sich die Täler immer mehr, bis schließlich eine ganz flachwellige, im ganzen ebene Fläche, eine Fastebene, entsteht. Die Entwicklung führt hier also über eine Verstärkung der Unebenheiten hinweg zu einem Verschwinden derselben. Einen ganz ähnlichen Werdegang muß die Wattenschwemmlandsküste durchlaufen. Zunächst vollzieht sich eine vom Meere in die Watten allmählich sich hineinfressende Gliederung durch Rinnensysteme. Sie erreicht in einem bestimmten Entwicklungsstadium ihr Maximum und nimmt dann ebenso schnell nach

dem Meere zurückweichend an Intensität und Ausdehnung wieder ab. Die Rinnensysteme der Watten stellen gewissermaßen ein vorübergehendes Uebergreifen des tiefen Meeres in die Küstenzone dar, so daß wir den ganzen normalen Entwicklungsgang einer Wattenschwemmlandsküste mit den Worten: „ein Vor- und Zurückprallen des Meeres in die Küstenzone und aus der Küstenzone" charakterisieren können.

Die gemachten Ausführungen haben die Möglichkeit der Entstehung von Inselreihen und Watten primär in Meeren mit starken Gezeitenschwankungen erwiesen. Es muß aber betont werden, daß das Vorhandensein von Inselreihen keineswegs einen Rückschluß auf Entstehung in Meeren mit starken Gezeiten in jedem Falle zuläßt. Können doch auch in gezeitenlosen Meeren geschlossene Nehrungen dadurch, daß sie in den Bereich der Abrasion kommen, in einzelne Inseln aufgelöst werden. Es entstehen in diesem Falle im Zustande der Zerstörung begriffene sekundäre Inselreihen, denen jedoch das Wattenmeer im Hintergrunde fehlt. Anderseits können auf sekundäre Weise, wie schon an anderer Stelle erwähnt, Inselreihen und Watten aber auch dadurch entstehen, daß ein gezeitenloses Meer plötzlich zu einem Meere mit starken Gezeitenschwankungen wird. Waren schon vorher Nehrungen mit Haffs im Hintergrunde vorhanden, so werden sie in Inselreihen mit dahinterliegenden Watten verwandelt. Es braucht damit aber nicht etwa eine allgemeine Zerstörung einzusetzen. Dies wird nur der Fall sein, wenn mit dem veränderten Charakter des Meeres zugleich eine Landeinwärtsverschiebung der Abrasionsterminante verbunden ist, so daß Inseln und Watten in den Bereich der Abrasion kommen. Andernfalls wird vielmehr derselbe Entwicklungsvorgang einsetzen, den wir bereits bei der primären Entstehung von Inselreihen und Watten entwickelt haben, ein Vor- und Zurückprallen des Meeres in die und aus der Küstenzone. Welcher der behandelten Fälle in einem besonderen Gebiet vorliegt, darüber kann immer nur eine Spezialuntersuchung eine Entscheidung bringen.

d) Die Nordseeküste in historischer Zeit.

Um uns darüber klar zu werden, wie die Verhältnisse in dem uns hier besonders interessierenden Gebiet der Nordseeflachküste liegen, wollen wir mit einer Betrachtung der historischen Entwicklung beginnen. Die ältesten Nachrichten über unser Gebiet verdanken wir der *historia naturalis* des Plinius, der um die Mitte des ersten Jahrhunderts unserer Zeitrechnung lebte. Dieser berichtet über die Wohnsitze und Lebensweise der Chauken folgendermaßen[1]): „Zweimal schwillt hier der ungeheure Ozean binnen Tag und Nacht auf, überflutet einen unermeßlichen Landstrich und fließt wieder ab. Bei diesem ewigen Kampfe der Natur weiß man nicht, ob man diese Gegend für Land oder Meer halten soll. Ein armseliges Volk wohnt hier in Hütten auf Hügeln, die von Natur auf-

1) Vgl. M. A. F. Prestel, S. 17.

geworfen oder durch Menschenhände, nach Erfahrung der höchsten Flut noch erhöht sind, bei der Flut den Schiffenden und bei der Ebbe den Schiffbrüchigen ähnlich." Es geht hieraus hervor, daß unsere Küste schon zu Beginn unserer Zeitrechnung ein ähnliches Aussehen gehabt hat, wie heute, daß schon damals ein Wattenmeer existierte. Im übrigen sind sichere Nachrichten über unser Gebiet bis zum fünfzehnten Jahrhundert nur sehr wenige vorhanden. Zumeist sind es Aufzeichnungen von Chronisten späterer Jahrhunderte, an deren Glaubwürdigkeit mit Recht gezweifelt wird. Es ist dies um so bedauerlicher, weil gerade in jene fernliegende Zeit die Entstehung der großen Meerbusen, der Zuider-See, des Dollart und des Jadebusen, verlegt wird. Immerhin scheint aber doch, wenn wir von den Einzelheiten absehen, jene Zeit durch große Landverluste, durch ein Vordringen des Meeres, gekennzeichnet zu sein. Erst mit dem sechzehnten Jahrhundert setzt eine Entwicklung zugunsten des Landes ein. Sie kommt zum Ausdruck in dem Ueberwiegen der Anschwemmungen gegenüber den Abspülungen und in den sich daran anknüpfenden Neueindeichungen[1]). Für die letzten 200 Jahre hat Fülscher[2]) allein für die deutsche Nordseeküste einen Landgewinn von mehr als 20000 ha berechnet. Es liegt nach den von uns gewonnenen Anschauungen nahe, in dieser zeitlichen Aufeinanderfolge von Landverlust und Landgewinn jenes Vor- und Zurückprallen des Meeres zu sehen.

Es muß hierbei aber auf einen zwischen unseren theoretischen Erörterungen und dem besonderen Fall der Entwicklung der Nordseeflachküste sich ergebenden Widerspruch hingewiesen werden. In der Theorie bestand das Vorprallen des Meeres lediglich in dem Vorschieben tiefer Rinnen seitens des Meeres in ein bereits vorhandenes Wattengebiet, nicht aber in einem unmittelbaren Landverlust. Dieser Widerspruch erklärt sich aber sofort, wenn wir uns eines Faktors erinnern, der in dem besonderen Falle der Nordsee in die Entwicklung entscheidend eingegriffen hat und noch eingreift, nämlich der Sturmfluten. Diese stehen in inniger Beziehung zu der Existenz des englischen Kanals. Sie entstehen nämlich dadurch, daß Südwestwinde gewaltige Wassermassen durch den Kanal in die Nordsee hineintreiben und dieselben, indem sie plötzlich in Nordwestwinde übergehen, gegen die Küste wälzen und an ihr aufstauen. Dadurch werden Hochfluten hervorgerufen, deren Wasserstände sich weit über das Niveau des mittleren Hochwasserspiegels erheben. Sind doch am Wilhelmshavener Pegel schon höchste Hochwasser gemessen worden, die um mehr als 3 m das Niveau des mittleren Hochwasserspiegels überragen[3]). Bedenken wir, daß sich die Beobachtungsperiode des Wilhelmshavener Pegels nur auf die jüngste Zeit erstreckt, so können wir es verstehen, daß die

1) Vgl. hierzu die von Arends in seiner physischen Geschichte der Nordseeküste aufgestellten Tabellen, Bd. 1, S. 177 u. 178.
2) Vgl. Fülscher, S. 314—316.
3) Vgl. Erläuterung, Taf. I.

Ueberlieferungen der früheren Jahrhunderte über noch größere Extreme zu berichten wissen. Jeder höhere Wasserstand hat natürlich eine an und für sich zeitlich auf seine Dauer beschränkte Vergrößerung des Wattengebietes zur Folge. Nun leisten aber an unseren Flachküsten die Hochfluten, ganz ähnlich wie die der Flüsse des festen Landes, wegen ihres enorm gesteigerten Energiegehaltes in kurzer Zeit mehr, als gewöhnliche Fluten in langen Zeiträumen zu leisten vermögen. So fiel auch den Sturmfluten jener Entwicklungsperiode, die durch das Sichhineinfressen der Rinnen in das Wattengebiet charakterisiert wird, die Haupterosionsarbeit zu. Dabei paßten sie natürlich die Rinnen dem ihrer Höhe in der Ausdehnung entsprechenden Wattengebiet an, verursachten also, daß die Rinnen sich noch in das Gebiet des festen Landes hineinwühlten, das bei gewöhnlichen Fluten nicht mehr zum Wattengebiet gehörte.

Hiernach kann es nicht mehr verwunderlich erscheinen, daß jene erste Entwicklungsperiode mit Landverlusten verbunden war. Es kommt noch hinzu, daß das sich unmittelbar an die Watten anschließende Festlandsgebiet einer Zerstörung in seinem ganzen Charakter außerordentlich günstig war. Haben wir uns doch diesen Landstrich, was eine genauere, später vorzunehmende Betrachtung der Marschen noch verständlicher machen wird, als eine nur wenig oder gar nicht über das gewöhnliche Hochwasserniveau sich erhebende, auf weite Strecken hin versumpfte und vermoorte Niederung vorzustellen, die stellenweise nur durch natürliche Strandwälle oder später durch primitive Deiche gegen Ueberflutungen schon bei mäßig hohen Wasserständen geschützt war. Ueberdies mögen gerade jene natürlichen Strandwälle und primitiven Deiche mehr Schaden als Nutzen gebracht haben. Begünstigten sie doch bei höheren Fluten gerade eine Kolkbildung, indem sich die Wassermassen über sie hinweg in die tiefer liegenden Niederungen hineinstürzten. Es muß besonders betont werden, daß wir die Landverluste in den früheren Jahrhunderten nicht auf Rechnung der Sturmfluten an und für sich setzen dürfen. Diese tragen nicht an und für sich das Merkmal der Zerstörung an sich, sondern können auch aufbauen, wenn ihnen nur das genügende Material zur Verfügung steht. Ebensowenig können wir die Landverluste auf den primitiven Deichbau oder den Landgewinn auf die vervollkommnetere Deichbautechnik zurückführen. Wo das Meer nicht an und für sich Land anschwemmt, da kann auch der Mensch nicht gewaltsam dauernd Neuland bei den Haaren herbeiziehen. Wir sehen, daß wir ohne Zugrundelegung jenes allgemeinen Vorganges des Vor- und Zurückprallens des Meeres die historische Entwicklung unserer Nordseeflachküste nicht verstehen können.

Es sei noch auf einige interessante Vorgänge hingewiesen, die uns, sofern wir sie durch die Ueberlieferung verbürgt als in der zu schildernden Weise vor sich gegangen ansehen dürfen, der Periode des Zurückprallens im einzelnen etwas näher bringen könnten. So berichtet Meyn[1]), daß jener eigentümliche „Kornkoog", auch das

1) Vgl. L. Meyn 1, S. 99.

„Risummoor" genannt, ein sandiges, im Kerne mooriges Land, das siedelungsgeographisch wegen seiner Randsiedelungen, von denen aus die umliegenden Weidelandschaften bewirtschaftet werden, so interessant ist, noch in jüngster Vergangenheit so sehr Insel war, daß noch nach 1624 eine schwedische Flotille daran landen konnte. Jetzt liegt es inmitten einer großen, ausgedehnten Marschlandschaft, mehrere Kilometer von der schleswig-holsteinischen Wattenküste entfernt. Andererseits existierte nach Meyn[1]) die Halbinsel Eiderstedt noch nicht als solche im 12. Jahrhundert. Sie bestand vielmehr aus drei selbständigen Inseln, deren westlichste, Utholm, Dünen trug. Erst nach und nach schlossen sich diese Inseln zusammen, und 1480 wurden sie ganz landfest. Wir sehen hier eine Entwicklung vor uns, die ein Glied des Dünen tragenden Inselgürtels, wenn auch vielleicht mit Unterstützung des Menschen, dem Lande angegliedert hat.

Schon aus den bisherigen Ausführungen geht hervor, daß wir eine etwaige Anschauung, die besagt, unsere Nordseeflachküste befinde sich in einem Zustande allgemeiner Zerstörung, ablehnen müssen. Wir fühlen uns hierzu um so mehr berechtigt, als der Inselgürtel, der dem Untergange am ersten geweiht sein müßte, weil er ja unmittelbar an das offene Meer grenzt, eher eine Entwicklung in entgegengesetztem Sinne zeigt. Wir werden dies an dem historischen Werdegang des deutschen Anteils am Inselgürtel noch näher zu erläutern haben. Gerade der deutsche Anteil müßte bei einer etwaigen allgemeinen Zerstörung die meisten Wunden davongetragen haben, weil die deutsche Bucht der Nordsee den Sturmfluten am stärksten ausgesetzt ist. Wenn er diese Zerstörung aber nicht erfahren hat — und so verhält es sich in Wirklichkeit — so ist das für uns eben wieder ein neuer Beweis dafür, daß die Sturmfluten hier nicht zerstörend, sondern eher aufbauend gewirkt haben. Es kann darin kein Gegenbeweis gesehen werden, wenn mit den Sturmfluten gelegentlich große Verwüstungen menschlicher Kulturen oder auch Abbrüche verbunden gewesen sind. In jedem Falle waren diese dann in den letzten Jahrhunderten verschwindend klein gegenüber den großen allgemeinen Aufbauten. Wir können mit allem Vorbehalt die geschilderte aufbauende Tätigkeit der Sturmfluten mit der Wirkung der Hochfluten in Flüssen eines großen, potamogenen Schwemmlandes vergleichen, in dem die Flüsse bei normaler Wasserführung zwischen selbst aufgeschütteten Dämmen träge dahinfließen, bei Hochwasser aber ihre selbstgesetzten Schranken durchbrechen, ihren Lauf verlegen und dabei rücksichtslos menschliche Kulturarbeit vernichten, andererseits aber auf dem weithin überfluteten Schwemmland den mitgeführten Detritus absetzen und letzteres erhöhen. Der Mensch ist zu leicht geneigt, nur das Zerstörende zu sehen, der Geologe und Morphologe weiß aber, daß hier eine Aufbauarbeit verrichtet ist.

---

1) Vgl. L. Meyn 1, S. 116.

Daß die Sturmfluten nicht nur zerstören, sondern auch aufbauen, ist ja längst bekannt. Wer selbst einmal Gelegenheit gehabt hat, Sturmfluten zu erleben, der weiß, welche ungeheuren Sandmassen dabei vom Meere ausgeworfen, welche ungeheuren Schlickmassen dabei vom Meere abgesetzt werden können. Es sei nur als Beispiel angeführt, daß bei der großen Sturmflut des Jahres 1825 an der Westküste Jütlands bei Agger ein Strandwall von über 3 m Höhe aufgebaut wurde[1]).

Es sei noch hinzugefügt, daß es uns natürlich fern liegt, in jedem einzelnen Landzuwachs der letzten Jahrhunderte einen Beweis für eine allgemeine Entwicklung zugunsten des Landes zu sehen, ebensowenig können uns aber gelegentliche Abbrüche als Gegenbeweis dienen. Die allgemeine Entwicklung zugunsten des Landes in den letzten Jahrhunderten vollzieht sich vielmehr in einem ewigen, örtlich und zeitlich differenzierten Wechselspiel zwischen Anschwemmung und Abspülung, bei dem im ganzen doch die Anschwemmung überwiegt.

Wenden wir uns jetzt zu einer kurzen historischen Betrachtung der Entwicklungsgeschichte unseres deutschen Anteils am Inselgürtel, vor allem der ostfriesischen Inseln, über deren Werdegang wir genauer unterrichtet sind. Die ältesten Nachrichten über das Vorhandensein einer ganzen Anzahl von Inseln an unserer Nordseeküste überhaupt verdanken wir dem Plinius. Dann schweigt die Ueberlieferung aber lange Zeiten hindurch. Erst am Ende des 14. Jahrhunderts erhalten wir die erste sichere Nachricht über die ostfriesische Inselkette. Diese wird zum ersten Male erwähnt in einer Urkunde vom 11. September 1398, und zwar werden die Inseln *Borkyn, Just, Buise, Osterende, Balteringe, Langoch, Spikerooch, Wangeroch* genannt[2]).

Es muß erwähnt werden, daß in der Literatur häufig Angaben zu finden sind, die von Zusammenhängen bestimmter dieser Inseln untereinander mit Sicherheit zu berichten wissen. Eine nähere Untersuchung zeigt aber jedesmal, daß sich diese Angaben immer nur auf Vermutungen, häufig der kühnsten Art, niemals aber auf Tatsachen, die historisch nachgewiesen sind, stützen. Es sei hier nur ein Beispiel solcher vermeintlichen Beweisführung angeführt. So schließt z. B. Bartels[3]) aus der Existenz einer Insel mit dem Namen Osterende, die übrigens mit Norderney identisch ist, daß diese Insel wohl das östliche Ende eines größeren Ganzen, das er mit der häufig in der Literatur spukenden, Borkum, Juist, Buise und Norderney umfassenden Insel Bant identifiziert, gewesen sein müsse. Derartige Schlußfolgerungen sind natürlich für eine gedeihliche Fortentwicklung unserer Kenntnisse und Auffassungen über den morphologischen Werdegang der Nordseeflachküste geradezu irre-

1) Vgl. G. Forchhammer 2, S. 23 und N. A. Sokolow, S. 32.
2) Vgl. Fülscher, S. 323.
3) Derselbe, S. 323 f.

führend und gefährlich. Ueberdies werden wir bei einer Spezialbetrachtung der einzelnen Inseln sehen, daß sich der Name Osterende für Norderney auf ganz andere Weise erklären läßt.

Die Insel Buise ist im 17. Jahrhundert spurlos verschwunden. Ihr Untergang kann nicht als Beweis einer allgemeinen Zerstörung angesehen werden, da er sich vollzogen hat zugunsten einer ganz erheblichen Verlängerung der westlichen Nachbarinsel Juist nach Osten. Eine ganze Reihe genauerer Angaben erhalten wir erst durch einen Bericht vom Oktober des Jahres 1650[1]). Er erstreckt sich allerdings nur auf die vier westlichsten Inseln, Borkum, Juist, Norderney und Baltrum, sowie auf die inzwischen verschwundenen Buise und Bant, letzteres eine kleine Marschinsel, die im SSO. der Insel Juist lag. Wirklich brauchbare Unterlagen für einen exakteren Vergleich zwischen der jetzigen und einer früheren Beschaffenheit der Inseln sind uns aber erst gegeben in einer Reihe von Spezialkarten, denen genauere Vermessungen zugrunde liegen. Sie stammen aus dem Anfange des 18. Jahrhunderts, und zwar über Borkum aus den Jahren 1713 und 1755, über Juist und Norderney aus dem Jahre 1739, über Baltrum, Langeoog, Spiekeroog aus dem Jahre 1738 und werden in dem Königlichen Staatsarchiv zu Aurich aufbewahrt. Indem Fülscher[2]) die genannten älteren Karten nebst einer Aufnahme der Insel Wangeroog aus dem Jahre 1754 mit den Meßtischblattaufnahmen des Jahres 1892 vergleicht, kommt er zu dem Ergebnis, daß die Gesamtdünenlänge der ostfriesischen Inseln in der Richtung von Westen nach Osten zugenommen hat, und zwar um mehr als 5 km, und daß ferner die Dünen- und Grünlandflächen gewachsen sind um mehr als 16 qkm. Ein Vergleich der kahlen Strandflächen ist leider nicht durchführbar, weil diese auf den älteren Karten nur teilweise zur Darstellung gebracht sind. Würde man heute eine genaue Vermessung der Inseln vornehmen, so würde sich das Verhältnis wahrscheinlich noch mehr zugunsten der Inseln verschieben, da gerade seit 1892 noch Neubildungen in dem großartigsten Maße stattgefunden haben, was bei der Einzelbetrachtung noch des näheren dargetan werden wird.

Ueber die Veränderungen an den nordfriesischen Inseln in historischer Zeit sind wir weit weniger gut unterrichtet als über die der ostfriesischen. Die Angaben der älteren Chronisten aus dem 16. und 17. Jahrhundert sind untereinander so widersprechend und stehen oft zu den urkundlich nachgewiesenen Tatsachen in einem derartigen Widerspruch, daß sie fast vollständig wertlos sind. Dies wird am besten beleuchtet durch jene der Dankwerthschen neuen Landesbeschreibung von 1652 angegliederte, von Johannes Meyer gezeichnete Karte, die den Zustand Nordfrieslands im Jahre 1240 zur Darstellung bringen will. Hiernach gehörte noch um 1240 das

1) Er ist von Bartels mitgeteilt im Jahrbuch der Gesellschaft für bildende Kunst und vaterländische Altertümer zu Emden, Bd. 4, Heft 1, S. 35—42, Emden 1880.

2) Vgl. Fülscher, S. 342

gesamte schleswig-holsteinische Wattengebiet sogar über seine heutige, westliche Grenze, die Inseln Röm, Sylt und Amrum, hinaus dem Festlande an. Und doch wird schon die Insel Sylt in einer Urkunde vom Jahre 1141 erwähnt. Und doch werden in einem Anhange zu dem Erdbuche König Waldemars II. vom Jahre 1231 bereits 14 nordfriesische Inseln namentlich aufgeführt, die zum Teil noch heute vorhanden, zum Teil miteinander verschmolzen oder gar landfest geworden, zum Teil aber auch im Meere verschwunden sind. Für uns ist besonders wichtig, daß schon die Namen *Fanö, Mannö, Rymö, Syld, Ambrum* und *Holm*, das spätere Utholm, genannt werden. Wenn wir auch an ein Vordringen des Meeres in den älteren Zeiten glauben, so müssen wir doch dem Urteile Fülschers[1]) zustimmen, wenn er sagt: „Hiernach läßt sich ungefähr ermessen, was von den Angaben der Chronisten aus dem 16. und 17. Jahrhundert über die vor 1440 auf den Inseln untergegangenen Kirchen und der erstaunlichen Ortskunde jener „alten, glaubwürdigen Männer" zu halten ist, die noch für eine 400 Jahre zurückliegende Zeit die Lage zahlreicher Kirchen und Ortschaften im Wattengebiet und vor den äußeren Inselküsten derartig anzugeben wußten, daß Meyer danach seine Karte von dem alten Nordfriesland anfertigen konnte." Wir dürfen eben in der Meyerschen Karte nicht mehr sehen als eine phantastisch übertriebene, graphische Darstellung jener noch heute so allgemein verbreiteten Ansicht, daß das heutige Nordfriesland nur die kümmerlichen, in steter Zerstörung begriffenen Reste eines alten, ausgedehnten, fruchtbaren, dicht besiedelten, im Meere versunkenen Landes darstelle.

Gibt uns auch die Ueberlieferung eine ganze Reihe wertvoller Angaben über die Entwicklung Nordfrieslands in den letzten Jahrhunderten, so sind doch die Angaben über die uns hier interessierenden Inseln Röm, Sylt und Amrum, die dem Dünen tragenden Nehrungsgürtel angehören, so gering, daß darauf ein Vergleich über eine eventuelle Verkleinerung oder Vergrößerung nicht basieren kann. Da aber andererseits auch keine genaueren, älteren Karten vorliegen, so ist hier ein exakter Vergleich nicht durchführbar. Nichtsdestoweniger werden wir nicht zu weit gehen, wenn wir behaupten, daß nirgends Anzeichen vorhanden sind, die zu der Annahme berechtigten, die Inseln Sylt, Röm und Amrum samt der Halbinsel Eiderstedt befänden sich im allgemeinen in einem Zustande der Zerstörung. Wir werden darauf bei der Spezialbetrachtung noch näher hinweisen.

Es sei dem bisher über den historischen Werdegang der Nordseeflachküste Gesagten noch hinzugefügt, daß wir den von Kuyper in der Zeitschrift für wissenschaftliche Geographie[2]) veröffentlichten, in Kirchhoffs[3]) Länderkunde von Europa bei der Behandlung der Niederlande durch Penck aufgenommenen Karten über den

1) Vgl. Fülscher, S. 329.
2) Bd. 4, Wien 1883, S. 105—112 nebst Taf. III.
3) Teil I, 2. Hälfte, S. 458.

Zustand der Niederlande im 1. und 10. Jahrhundert nur einen rein problematischen Wert beimessen können, zumal in den Begleitworten ausdrücklich betont wird, daß erst vom 15. Jahrhundert ab zuverlässigeres Material für eine kartographische Darstellung der Niederlande vorhanden ist.

Für uns ergibt die historische Entwicklung — abgesehen von der wichtigen Tatsache, daß wir die Nordseeflachküste nicht als im Zustande der Zerstörung begriffen auffassen dürfen —, daß Inselgürtel und Wattenmeer schon zu Anfang unserer Zeitrechnung existiert haben oder wenigstens ein ehemaliger großer Zusammenhang der Inseln untereinander oder mit dem Festlande historisch nicht nachgewiesen ist. Die Lösung der Frage, ob die Inseln aus einer zusammenhängenden Nehrung, das Wattenmeer aus einem Haff oder einem Marschengürtel hervorgegangen sind, ist somit in die prähistorische Zeit, in die geologische Vergangenheit, hinausgeschoben.

e) Die Nordseeküste in dem prähistorischen Zeitabschnitt der Alluvialzeit.

Um ein endgültiges Urteil zu gewinnen, müssen wir noch einmal etwas weiter ausholen. Die Nordsee hat ihren heutigen Charakter in jeglicher Beziehung erst durch den Durchbruch des englischen Kanals erhalten. Es seien hier nur die Punkte hervorgehoben, die für unsere Betrachtung von Bedeutung sind. Einmal erlangten die Sturmfluten, wie schon erwähnt, mit dem Durchbruch des Kanals eine größere Bedeutung. Trug die Nordsee vorher mehr den Charakter eines ruhigen Binnenmeeres, so trat sie jetzt mit dem atlantischen Ozean in nähere Verbindung. Sie wurde bewegter. Anderseits erfuhren auch die sich an die Gezeiten anknüpfenden Erscheinungen eine Veränderung, indem sich zu der Schottland im Norden umkreisenden Gezeitenwelle eine südliche, durch den Kanal eintretende hinzugesellte. Ob damit eine erhebliche Steigerung des Tidenhubes verbunden war, möchte ich dahingestellt sein lassen, zumal dieser an der holländischen Küste nach Norden zu sehr schnell abnimmt und erst wieder zunimmt nördlich von Helder, nachdem sich die schottische mit der Kanalwelle vereinigt hat. Auf jeden Fall müssen wir annehmen, daß die Nordsee auch bereits vor dem Durchbruch des Kanals erhebliche Gezeitenschwankungen besessen hat. Für den Zweck, den wir augenblicklich verfolgen, ist es wichtig, hervorzuheben, daß erst mit dem Durchbruch des Kanals die Küstenströmungen, die teils in den Gezeiten unmittelbar, teils aber auch in anderen Dingen ihre Entstehungsursache haben[1]), ihren heutigen Verlauf erlangt und ihre heutige Bedeutung gewonnen haben. Sie spiegeln sich unmittelbar wider in dem Verlauf des Nehrungs- und Inselgürtels von Dünkirchen bis Wangeroog. Infolge zweier verschieden gerichteter Strömungen entstanden zwei verschieden gerichtete Transport- und Absatzlinien, von denen die eine durch die

1) Vgl. O. Krümmel 1, S. 11—14.

Küstenstrecke von Dünkirchen bis Texel, die andere durch die west- und ostfriesischen Inseln repräsentiert wird. Hieraus, sowie aus der ganzen Großartigkeit der Erscheinung, die wir nicht in ein ruhiges, abgeschlossenes Binnenmeer verlegen können[1]), schließen wir, daß die Entstehung des Nehrungs- und Inselgürtels erst möglich wurde mit dem Durchbruche des englischen Kanals. Es ergibt sich für uns hieraus von selbst, daß der heutige Nehrungs- und Inselgürtel — als Nehrungs- und Inselgürtel entstanden in einem Meere mit denselben Gezeitenbewegungen, wie sie die Nordsee noch heute hat — sich erst zu seiner heutigen Vollkommenheit seit dem Durchbruch des Kanals entwickelt hat, nicht aber die Trümmer einer alten großen zusammenhängenden Nehrung darstellt. In den Gebieten, wo die Gezeitenschwankungen nur gering sind oder ganz fehlen (Dänemark), konnte er sich in der Gestalt geschlossener Nehrungen ausbilden, in den Gebieten mit stärkeren Gezeitenschwankungen mußten sich dagegen Lücken erhalten, die die Entwässerung des Wattenmeeres besorgten. Am Rande des großen Wattengebiets des inneren Winkels der Helgoländer Bucht, an den Mündungen der Elbe, Weser und Jade konnte er nur in ganz kleinen Bruchstücken, die repräsentiert werden durch den Buschsand (Trischen), Schahörn, Mellum und Minseneroldoog, zur Geltung kommen, weil hier der Tidenhub am größten (über 3 m) ist, also eine sehr große Anzahl von Rinnen zur Be- und Entwässerung notwendig ist. Es kommt noch hinzu, daß hier die Wassermassen der Elbe und Weser schon an und für sich breite Oeffnungen beanspruchen.

Fragen wir uns nun, warum in Holland, wo doch noch heute nicht unerhebliche Gezeitenschwankungen vorhanden sind, der Dünensaum auf weite Strecken hin ununterbrochen auf dem Festlande verläuft, so ist die Antwort auf diese Frage nicht schwer. Auch hinter dem holländischen Dünensaum müssen wir ursprünglich ein Wattenmeer annehmen, wenn auch vielleicht von geringerer Ausdehnung. Die Entwicklung ist hier aber der allgemeinen Entwicklung vorausgeeilt, weil der Rhein große Detritusmassen zuführte und eine schnelle Aufhöhung der Watten veranlaßte. Damit wurde das Meer schneller, als es der allgemeinen Entwicklung entspricht, aus dem Gebiet hinter dem Dünensaum verdrängt, und dieser wurde, vorher aus einer, vielleicht aber auch mehreren Inseln bestehend, dadurch landfest.

Unsere Auffassung über den Werdegang der Nordseeflachküste läßt uns auch das Wesen der Halligen, jener eigentümlichen, aus Marschland bestehenden Inselgruppe an der Westküste Schleswig-

1) In einem ruhigen Binnenmeer, wie z. B. der Ostsee, vermögen sich wohl unter dem Einflusse der Küstenversetzung durch die schief auflaufenden Wellen Ausgleichsküsten mit kleineren Nehrungen zu entwickeln, nicht aber so ausgedehnte gleichmäßige Aufschüttungsformen, wie sie der Nehrungs- und Inselgürtel der Nordsee zeigt. Diese deuten wohl immer auf große Strömungen hin.

Holsteins, viel besser verstehen, als dies die weit verbreitete Ansicht kann, die in dieser die kümmerlichen Reste eines weit ausgedehnten geschlossenen Marschlandes sieht, das sich hinter dem einst geschlossenen Inselgürtel aus einem Haff bilden konnte. Wie will die eben fingierte Ansicht erklären, daß inmitten der Helgoländer Bucht, wo der übrige Teil der Marsch mitsamt dem Dünengürtel längst zerstört sein soll und auch am ehesten hätte zerstört werden müssen, weil hier sowohl die Fluthöhen am größten sind als auch die Sturmfluten die stärkste Wirkung ausüben, sich kleine Inselchen alten Marschlandes erhalten haben, obwohl in den Gebieten hinter dem schützenden Inselgürtel, wo schon an und für sich die Fluthöhen geringer sind und die Sturmfluten weniger heftig auftreten, die hypothetische alte Marsch längst in Wattenmeer verwandelt ist. Wir sehen in den Halligen nichts anderes als ganz jugendliche Bildungen, die aus dem heutigen Wattenmeer durch Aufhöhung entstanden sind. Die Nähe der Elbe und Weser, die dem Meere große Mengen von Alluvionen zuführen, mögen die Veranlassung gewesen sein, daß gerade hier die Aufhöhung schneller vor sich gehen konnte als anderswo. Man hönnte hiergegen einwenden, warum denn nicht die starke Alluvionenzufuhr das Wattengebiet unmittelbar an der Mündung der genannten beiden großen Ströme in ein Schwemmland verwandelt hat. Es muß demgegenüber aber darauf hingewiesen werden, daß einmal wegen des größeren Tidenhubes hier viel längere Zeiträume und viel größere Mengen von Detritus notwendig sind, um die Watten über den Hochwasserspiegel zu erheben, anderseits das Wattengebiet gleichsam bei gleichbleibender Größe eine Verschiebung seewärts erfährt, indem die beiden Ströme ihr unterseeisches Delta, wie wir es der Einfachheit halber einmal nennen wollen, bis zu einem gewissen Grade in die See hinausschieben.

Es ist nach den gemachten Ausführungen eigentlich selbstverständlich, muß aber doch noch besonders betont werden, daß der Nehrungs- und Inselgürtel in seiner Lage im großen sich nicht merklich landwärts verschoben hat. Wo kleinere Verschiebungen vorhanden sind, sind sie lokal beschränkt und bedingt. Sie haben aber eine Verschiebung des Nehrungs- und Inselgürtels im ganzen nicht zustande gebracht, sondern dieser ist uns in seiner ursprünglichen Lage und in seinen ursprünglichen, großen Richtungen noch heute erhalten. Es geht dies auch, wie wir noch sehen werden, aus dem Werdegang der einzelnen deutschen, Dünen tragenden Inseln und ihren Dünenformen deutlich hervor.

An unsere bisherige Betrachtung knüpft sich nun die wichtige Frage an, wie es zu verstehen ist, daß fast allen bisher gelieferten Arbeiten, die die Entwicklung der Nordseeflachküste behandeln oder berühren, in mehr oder weniger verschiedenen Variationen die Anschauung zugrunde liegt, daß die Inseln einst einen zusammenhängenden Nehrungsgürtel bildeten und das Wattenmeer aus einem

hinter diesem liegenden Marschengürtel hervorgegangen ist[1]). Zum Teil mag dies an der bereits widerlegten, irrtümlichen Vorstellung liegen, daß sich unsere Nordseeflachküste im Zustande der Zerstörung befinde, zum Teil mag es auch an der ja leicht verständlichen Neigung des Geomorphologen liegen, aus gleichartiger Beschaffenheit irgendwelcher Bildungen auf Zusammenhänge zu schließen. Der Hauptgrund scheint aber doch ein anderer zu sein, nämlich die Vorstellung, daß sich Marsch nur hinter einer geschlossenen Nehrung in einem Haff bilden könne oder wenigstens der Boden des Wattenmeeres auf Entstehung als Verlandungsprodukt eines ehemaligen Haffs hindeute. Diese Vorstellung zu widerlegen und die wirkliche Entstehung des Marschbodens der Nordseeküste näher zu erläutern, muß jetzt unsere Aufgabe sein.

Zunächst einige Worte über die zuerst angeschnittene Frage, die Marschbildung überhaupt. Verfolgen wir die regionale Verbreitung der Marschbildung in den letzten beiden Jahrhunderten an unserer Nordseeküste etwas näher, so ergibt sich die überraschende Tatsache, daß die Anlandung in dem vollständig freiliegenden, inneren Winkel der Helgoländer Bucht rascher vor sich gegangen ist als an den geschützten Küstenstrecken hinter der Kette der ost- und nordfriesischen Inseln[2]). Es ergibt sich hieraus weiter, daß die Inselketten die Stärke der Anlandung an der Festlandsküste nicht beeinflußt haben. Der Grund für diese zunächst vielleicht etwas sonderbar anmutenden Erscheinung ist unschwer einzusehen. Die Marschbildung kann in größerem Umfange nur in einem ruhigen, wenig bewegten Meere vor sich gehen, weil nur in einem solchen sich die meist außerordentlich feinen Marschalluvionen niederschlagen können. An der Nordseeküste haben wir das ruhige Wattenmeer. Sein Vorhandensein ist unabhängig von dem eines Inselgürtels. Es findet sich sowohl in der Helgoländer Bucht als auch hinter den Inseln, und infolgedessen kann beiderwärts Marschbildung stattfinden. Die stärkere Anlandung in der Helgoländer Bucht muß auf eine stärkere Zufuhr von Alluvionen durch die beiden großen Ströme zurückgeführt werden.

Nachdem wir gesehen haben, daß die Marschbildung nicht an Gebiete, die hinter schützenden Inselgürteln liegen, und noch viel weniger an vollständig gegen die See abgeschlossene Haffs gebunden ist, müssen wir der zweiten Frage näher treten, ob denn nicht der Boden des Wattenmeeres mit seinen Süßwasserbildungen (Torf-

1) Es sei dazu bemerkt, daß J. Reinke bereits die Ansicht ausgesprochen hat, Röm sei aus einer Sandbank entstanden (vgl. J. Reinke 1, S. 28), nichtsdestoweniger scheint er indes der Ansicht nicht ganz abhold zu sein, daß die ost- und westfriesischen Inseln einst mit dem Festlande in Zusammenhang gestanden hätten (vgl. J. Reinke 2, S. 2), wenn er auch darauf hinweist, daß es nicht ausgeschlossen wäre, daß die ostfriesischen Inseln unmittelbar aus Sandbänken entstanden wären. F. Schucht äußert sich dagegen über die Entstehung der ostfriesischen Inseln schon in ähnlichem Sinne wie wir (vgl. F. Schucht 4).

2) Vgl. Fülscher, S. 314—316.

schichten etc.) ein altes Haff andeute, dessen ehemalige geschlossene Nehrung uns in dem heutigen Inselgürtel in Bruchstücken erhalten ist. Um diese Frage entscheiden zu können, müssen wir einer Betrachtung der Beschaffenheit und Verbreitung des Marschbodens selbst eine kurze Zeit widmen.

Schon seit langer Zeit hat man erkannt, daß die Marschschichten Ostfrieslands keine einheitliche Bildung sind, sondern aus wechsellagernden, tonigen und moorigen Schichten bestehen, die nicht etwa mit der Grenze der heutigen, festländischen Marschen abschneiden, sondern sich unter dem Wasser am Boden des Wattenmeeres fortsetzen. Ganz ähnlich liegen die Verhältnisse in Nordfriesland, nur scheinen hier unter jüngeren, tonigen Schichten einheitlichere, mächtigere Torfschichten und Torfmoore zu lagern. Früher hat man aus der Wechsellagerung von Torf- und Ton- bzw. Sandschichten auf ebenso viele Oszillationen der Erdrinde geschlossen. Aber schon der Umstand, daß man erkannte, daß sich zwei getrennte Torfschichten häufig in solchen Gebieten zu einer einzigen, mächtigen Schicht vereinigten, mußte diese Anschauung zu Fall bringen, ganz abgesehen von der sich immer mehr Bahn brechenden Erkenntnis, daß man sich hüten muß, bei eigentlich rein oberflächlichen Erscheinungen allzusehr mit tektonischen Vorgängen zu operieren. Daher ist von anderer Seite die Ansicht vertreten worden, daß einer Wechsellagerung von Sand- (bzw. Ton-) und Torfschichten ebenso viele Oeffnungen einer Nehrung entsprechen könnten[1]). Mag diese Anschauung in speziellen Fällen auch richtig sein, so ist sie doch für unser Gebiet aus folgenden Gründen nicht anwendbar. Einmal kann sie nur angewandt werden in Gebieten, wo marine Sande und Tone mit Torfschichten wechsellagern, anderseits auch dann nur in Gebieten, wo diese Wechsellagerung auf weite Strecken hin sowohl in der Anzahl als auch in der Mächtigkeit, als auch in der Höhenlage der einzelnen Schichten eine gleichmäßige ist oder wenigstens ein allmählicher Uebergang stattfindet. Dies trifft aber beides für unser Gebiet nicht zu. Einmal ist durch verschiedene Arbeiten[2]) nachgewiesen worden, daß die älteren Tone durchweg, soweit eben genauere Untersuchungen angestellt sind, fluviatilen Ursprungs sind, also Flußabsätze darstellen, andererseits hat vor allem die Arbeit Wildvangs, die sich auf eine Unmenge von Bohrungen in dem doch verhältnismäßig nur kleinen Gebiet zwischen der Ley und dem Dollart stützt, gezeigt, daß die Marsch an manchen Stellen nur aus einer einzigen Torfschicht besteht, während in unmittelbarer Nähe, d. h. in einer Entfernung von nur wenigen Zehnern oder Hunderten von Metern, in derselben Höhenlage Torfschichten mit Tonen wechsellagern oder auch nur eine einzige Tonschicht vorhanden ist. Wildvang weist mit Recht darauf hin, daß derartige Verhältnisse, zumal sich der fluviatile Charakter der in Frage kommen-

1) Vgl. E. Sueß, S. 535.
2) Vgl. F. Schucht 1, und besonders D. Wildvang.

den Tone immer nachweisen läßt, nur durch die aufbauende Tätigkeit der Flüsse im Kampfe mit der Vegetation erklärt werden können, verbunden mit einer Senkung, die die Flüsse immer von neuem wieder zwang, ihr Bett zu erhöhen, um sich ein Gefälle nach dem Meere für die abzuführenden Wassermassen zu verschaffen, und dabei die jedesmal von neuem gebildeten Ton- und Torfschichten nach und nach unter das Niveau des Meeresspiegels brachte. Der örtlich sich rasch vollziehende Wechsel zwischen Ton- und Torfschichten wird durch die fortwährenden Stromverlegungen erklärt, wie sie für derartige im Meeresniveau liegende, potamogene Schwemmländer charakteristisch sind.

Es ist von besonderem Interesse zu sehen, daß sich die für die Bildung des eben behandelten Schichtenkomplexes der Marschen anzunehmende Senkung unmittelbar an jene früher beschriebene allgemeine Senkung anschließt, die der Nordsee den Eingang in ihr heutiges Gebiet verschafft hat oder besser gesagt mit ihr identisch ist. Dies geht z. B. aus dem Verhältnis der Marschschichten in dem Gebiet zwischen der Ley und dem Dollart zu dem aus diluvialen, vielleicht auch altalluvialen Sanden bestehenden Untergrund hervor, der seinerseits eine altalluviale Oberfläche darstellt. Die in dem sandigen Untergrund wurzelnden Baumstämme beteiligen sich nämlich zugleich an dem Aufbau der untersten Marschschichten, sei es, daß sie mit ihren oberen Enden unmittelbar den untersten Torfschichten angehören und einen Teil des Materials zu deren Aufbau geliefert haben, sei es, daß sie direkt in die stellenweise unmittelbar über dem sandigen Untergrund lagernden, tonigen Schichten hineinragen. Diese Verhältnisse werden am besten erläutert durch die Baugrube der neuen Seeschleuse bei Emden, in der das gesamte Marschalluvium lange Zeit aufgeschlossen war. Die unteren Marschschichten wurden hier repräsentiert durch 6—7 m mächtige Schlicktone, die von oben bis unten mit einer großen Menge von Baumstümpfen, von denen die untersten in dem sandigen Untergrunde wurzelten, durchsetzt waren[1]). Das Profil spricht eigentlich für sich selbst. Die Schlicktone sind die Absätze eines Flusses, der bei Hochwassern über seine Ufer hinaustrat, das sich an seine Ränder anschließende Schwemmland, ohne dem Baumwuchs zu schaden, erhöhte und infolge der mit fortschreitender Senkung wachsenden Aufhöhung die jüngeren Bäume zwang, ihren Standort immer weiter nach oben zu verlegen.

Erinnern wir uns nun der Verbreitung von Baumstümpfen, Torf- und Tonschichten, wie wir sie bei der Erörterung der großen Nordseesenkung kennen gelernt haben, so werden wir auf das Vorhandensein eines alten, ausgedehnten, vermoorten Flachlandes hingewiesen, dessen seeseitige Grenze wir noch heute an vielen Stellen über die Inselgrenze hinaus verfolgen können. An der ostfriesischen Küste scheint es mehr den Charakter eines vermoorten, potamogenen

1) Vgl. D. Wildvang, S. 24—25.

Schwemmlandes, an der schleswig-holsteinischen mehr den eines mit ausgedehnteren Mooren bedeckten Flachlandes getragen zu haben. Und dieses Tiefland, wie wir es einmal kurz nennen wollen, ist mit fortschreitender Senkung in seinen randlichen Teilen doch allmählich unter den Meeresspiegel geraten, obwohl sich Vegetation und Flüsse bemühten, den Senkungsbetrag jedesmal durch ihre aufbauende Tätigkeit auszugleichen.

Nun zu der Frage, in welchem Verhältnis der Inselgürtel zu diesem Tiefland steht! Wir haben gesehen, daß sich das Tiefland stellenweise über die Inselgrenze hinaus verfolgen läßt, daß die ostfriesischen Inseln dem Schwemmlande, zum Teil wenigstens, aufzusitzen scheinen. Da diese sich nun aber noch in ihrer ursprünglichen Lage zum Festlande befinden, nicht etwa ihre Lage landwärts verschoben haben, so sind sie jünger als das Schwemmland, können also nicht die Ursache für dessen Bildung sein. Das erhellt aber auch noch aus einem anderen Grunde. Wir haben gesehen, daß die Bildung des genannten Schwemmlandes nur möglich wurde durch eine allgemeine Senkung, deren Betrag mindestens 20 m erreicht. Wie sich unter solchen Umständen der alte für die Bildung verantwortlich gemachte Nehrungs- und Inselgürtel hätte erhalten sollen, das könnte ich mir morphologisch kaum vorstellen, da doch eine Senkung stets die Abrasion begünstigt. Ich will dabei ganz davon absehen, daß ich es mir an und für sich nur sehr schwer erklären könnte, daß sich eine Nehrung überhaupt eine so lange Zeit in derselben Lage zum Meere erhalten konnte, wie sie doch für einen Senkungsbetrag von 20 m angenommen werden muß. Es ergibt sich aus unserer bisherigen Betrachtung des Marschlandes also schon, daß kein Grund vorhanden ist, unsere früheren, auf morphologischem Wege gewonnenen Ergebnisse irgendwie einzuschränken. Es verträgt sich mit dem Vorhandensein von Süßwasserbildungen im Schichtenkomplex des Marschbodens durchaus die Vorstellung, daß der Inselgürtel von vornherein als solcher entstand, nicht aber jemals eine einheitliche Nehrung gebildet hat.

Neben dem bisher ausschließlich behandelten fluviatil-vegetabilischen Schichtenkomplex im Aufbau des Marschalluviums können wir nun deutlich einen jüngeren, marinen Schichtenkomplex unterscheiden. Er besteht einmal aus den Seesanden und Schlicktonen, die zumeist die unmittelbare Oberfläche des Wattenmeeres bilden und die älteren, fluviatil-vegetabilischen Schichten verhüllen, anderseits aus den bald sandigeren, bald tonigeren, oberflächlichen Schichten des eigentlichen Marschgürtels, soweit nicht von den fluviatil-vegetabilischen Schichten selbst die Oberfläche gebildet wird. Er ist hervorgegangen aus dem heutigen Wattenmeer, und wir sehen ihn noch heute immer neu entstehen. Die Bildung dieses marinen Marschbodens, wie sie uns die Eindeichungen der letzten Jahrhunderte in großartigstem Maßstabe vor Augen führen, kennzeichnet jene Periode, die wir als Zurückprallen des Meeres bezeichnet haben. Der marine Schichtenkomplex erreicht in dem Gebiet zwischen der

Ley und dem Dollart stellenweise eine Mächtigkeit von mehr als 7 m, während er in geringer Entfernung ganz fehlt und durch fluviatil-vegetabilisches Alluvium ersetzt wird oder aber auch auf weite Strecken hin nur geringere Mächtigkeiten aufweist[1]). Wir werden damit auf alte, ausgefüllte Rinnen und Meerbusen hingewiesen. Wir sehen hier auf das deutlichste wieder jenen allgemeinen Entwicklungsgang vor uns. Die Bildung der Rinnen und Meerbusen bezeichnet die Periode des Vorprallens, ihre Ausfüllung die des Zurückprallens des Meeres.

Es sei noch besonders betont, daß die Bildung des marinen Marschbodens anscheinend ohne Senkung vor sich gegangen ist. Es geht dies einfach daraus hervor, daß das fluviatil-vegetabilische Alluvium selbst oberflächenbildend auftritt. Wenn trotzdem von Schütte[2]) die Ansicht ausgesprochen ist, die Nordseeküste befinde sich noch heute im Zustande einer allgemeinen Senkung, so müssen wir dem auf Grund unserer augenblicklichen Kenntnis der Erscheinungen widersprechen. Die Gründe, die Schütte für seine Ansicht beibringt, beweisen allerdings zum Teil eine säkulare Senkung, aber eben jene frühere, die — das geben wir zu — sehr wohl bis an die Schwelle der historischen Zeit nachgeklungen haben mag; zum Teil dürfen sie aber gar nicht als Beweismittel einer großen, allgemeinen, säkularen Senkung, die doch immer auf tektonische Vorgänge oder ein Steigen des Meeresspiegel hindeutet, verwandt werden. So können lokale Senkungen ihre Ursachen in den verschiedensten Vorgängen haben, so z. B. in der Unterlagerung von Mooren. Anderseits erklärt sich die tiefere Lage des älteren, eingedeichten Marschlandes gegenüber dem jüngeren einfach durch eine Verfestigung des Marschbodens in sich und der damit verbundenen Volumverringerung.

Fassen wir die Ergebnisse über die alluviale Geschichte der Nordseeflachküste nun in einigen Sätzen kurz zusammen:

1) Eine allmähliche Senkung verschaffte der Nordsee den Eingang in ihr heutiges Gebiet. Sie führte zugleich zu der Bildung eines fluviatil-vegetabilischen Tieflandes, das mit fortschreitender Senkung in seinen randlichen Teilen schließlich doch unter die Fluten geriet. Dies läßt sich noch heute stellenweise bis zur 20-m-Tiefenlinie der Nordsee verfolgen. Seine Bildung ist vor dem Durchbruch des Kanals erfolgt. Wegen der damals bereits vorhandenen, schottischen Gezeitenwelle wird auch bereits ein Wattenmeer existiert haben, wenn auch ohne abschließende Barre.

2) Mit dem Durchbruch des Kanals entwickelte sich allmählich der große, Dünen tragende Nehrungs- und Inselgürtel, in den Gebieten ohne Gezeiten unmittelbar als Nehrungsgürtel entstanden (Dänemark), in den übrigen Gebieten sich von vornherein aus Inseln entwickelnd. Durch den genannten Inselgürtel wurde das Watten-

1) Vgl. D. Wildvang, S. 42—50 nebst Taf. I und Karte.
2) Vgl. H. Schütte, S. 397—441.

meer von der eigentlichen See abgetrennt. Somit konnte jener Entwicklungsvorgang einsetzen, wie er für Wattenschwemmlandsküsten mit randlichen Inselgürteln charakteristisch ist. Zunächst ein Vorprallen des Meeres, in unserem speziellen Falle der Nordsee verbunden mit Landverlusten, dann ein Zurückprallen des Meeres, wie überall, so auch an der Nordseeküste verbunden mit Anlandungen.

Ob dies Zurückprallen kontinuierlich weiter vor sich gehen wird, oder ob wir uns einer Zeit nähern, in der der normale Entwicklungsgang jäh abgeschnitten wird, läßt sich augenblicklich noch nicht übersehen. Da diese letzte Frage sowohl für die unmittelbaren Anwohner unserer Nordseeküste als auch für unsere Marine von der größten praktischen Bedeutung ist, so gilt es, für die Zukunft den Verlauf der Natur genau zu überwachen und womöglich zu versuchen, durch sorgfältige Beobachtungen und Aufmessungen die Grundlage für eine bessere Beurteilung dieser Frage zu gewinnen.

Am Schluß unserer Betrachtung über die alluviale Geschichte der Nordseeflachküste wollen wir doch nicht verfehlen, auf einen unbehandelten Punkt wenigstens aufmerksam zu machen, nämlich auf das Vorhandensein einer inneren Ausgleichsküste. Sie wird in großen Zügen etwa gebildet durch den Geestrand und gibt sich auf der geologischen Karte durch das Vorhandensein von einzelnen, mehr oder weniger weit voneinander entfernten Dünengebieten zu erkennen. Schon Forchhammer[1]) hat auf ihr Vorhandensein aufmerksam gemacht, und in neuerer Zeit macht Braun[2]) einige nähere Angaben über ihren genaueren Verlauf in Schleswig-Holstein. Ueber ihre Stellung innerhalb der allgemeinen Entwicklungsgeschichte der Nordsee möchte ich aber nichts Genaueres sagen, bevor nicht genauere Spezialuntersuchungen vorliegen.

Verzeichnis des benutzten Kartenmaterials.

1. Meßtischblätter des Königreichs Preußen 1:25000. Blatt: 50, 51, 70, 71, 91, 92, 122, 123, 158, 159, 199, 200, 352, 417, 418, 564, 565, 648, 649, 734, 820—825, 914—916, 1010, 1011.
2. Topographische Uebersichtskarte des Deutschen Reichs 1:200000. Blatt: 3, 8, 9, 21, 22, 37, 38, 39, 54, 55, 56.
3. Reymanns Spezialkarte. Blatt: 8, 8b, 8c, 8d, 20, 21, 22, 34, 35, 36, 50, 66, 82, 83, 99, 100, 117, 118.
4. Uebersichtskarte von Mitteleuropa 1:300000. Blatt: Gent, Antwerpen, Amsterdam, Leeuwarden, Oldenburg, Hamburg, Kiel, Apenrade, Aarhus, Aalborg. Göteborg, Grenaa.
5. Seekarten: Titel III Nordsee: Westküste von Jütland, deutsche Küste, Küste von Holland und Belgien. Titel IV: Englischer Kanal.
6. R. Lepsius: Geologische Karte des Deutschen Reichs 1:500000. Blatt: 1, 6, 7.

---

1) Vgl. G. Forchhammer 1, S. 480.
2) Vgl. G. Braun, S. 27—29.

7. L. Meyn: Geologische Karte der Insel Sylt und ihrer nächsten Umgebungen 1:100 000. 1876.
8. L. Meyn: Geologische Uebersichtskarte der Provinz Schleswig-Holstein 1:300 000. 1881.
9. Geologische Spezialkarte von Preußen und den thüringischen Staaten 1:25 000, Gradabt. 23. Blatt: 1, 2, 8, 9, 13, 14, nebst Erläuterungen.
10. F. Geerz: Historische Karte von Dithmarschen, Eiderstedt, Helgoland, Stapelholm, d. Wilster-Marsch, den Aemtern Hanerow u. Ritzebüttel, sowie vom nördlichen Teile der Lande Kehdingen, Hadeln und Wursten; redigiert für die Zeit von 1643 bis 1648 mit besonderer Berücksichtigung der vor dem Jahre 1843 untergegangenen Köge, Kirchen, Ortschaften etc. Berlin 1886.
11. F. Geerz: Historische Karte der schleswig-holsteinischen Westküste, redigiert für die Zeit von 1643 bis 1648. Zweites nördliches Blatt: die nordfriesischen Inseln, die Marsch zwischen Jever und Königsau und die friesische Vorgeest. Kiel 1888.
12. Johannes Meier: Karte vom Alt Nordt Frießlande biß an das Jahr 1240. Husum 1649.
13. Neue geographische Spezialkarte von dem Fürstentum Ostfries- und dem Harlingerlande, aufgenommen und bearbeitet in den Jahren 1798 bis 1802 von W. Camp.
14. I. H. Magott: Karte der Insel Borkum 1755.
15. I. F. Horst: Karte der Insel Juist 1739.
16. derselbe: Karte der Insel Norderney 1739.
17. „ Karte der Insel Baltrum 1738.
18. „ Karte der Insel Langeoog 1738.
19. „ Karte der Insel Spiekeroog 1738.
20. Karte der Insel Wangeroog ohne Erscheinungsjahr- und ohne Verfasserangabe (wahrscheinlich Wangeroog um die Mitte des 18. Jahrhunderts darstellend).
21. S. C. Schlichthorst und A. Papen: Karte der Insel Norderney 1822.
22. J. Schipper und P. Trauernicht: Die Insel Baltrum, vermessen im Julio 1825.
23. J. Kuyper: Alt- und Neu-Niederland 1:2 000 000. (Zeitschrift für wissenschaftliche Geographie, Bd. IV, Tafel III, Wien 1883.)
24. Fluß- und Wegkarte des Herzogtums Oldenburg, basiert auf die in den Jahren 1835—1850 unter Leitung des Vermessungs-Direktors v. Schrenk ausgeführte allgemeine Landesvermessung.

Literaturverzeichnis.

Allmers, H., Marschenbuch, Gotha 1858.

Arends, F., 1. Ostfriesland und Jever, in geographischer, statistischer und besonders landwirtschaftlicher Beziehung, Bd. I—III, Emden 1818 und 1819 und Hannover 1822.

— 2. Erdbeschreibung des Fürstentums Ostfriesland und des Harlingerlandes, Emden 1824.

— 3. Gemälde der Sturmfluten vom 3. bis 5. Februar 1825, Bremen 1826.

— 4. Physische Geschichte der Nordseeküste und deren Veränderungen durch Sturmfluten seit der cimbrischen Flut bis jetzt, Bd. I—II, Emden 1833.

Assmann, R., Die Winde in Deutschland, Braunschweig 1910.

Bartels, Eigentliche Beschreibung der vor dieser Grafschaft zur See hinaus belegener Eylanden mit angeheffter Erinnerung, Bericht von 1650. (Jahrb. d. Gesellsch. f. bildende Kunst u. vaterländ. Altertümer zu Emden, Bd. IV, Heft 1, S. 35—42, Emden 1880.)

Baschin, O., Dünenstudien. (Zeitschr. d. Gesellsch. f. Erdkunde zu Berlin, 1903, S. 422—430.)
Bericht, Allgemeiner: über die Bodenuntersuchungen in der Jade, nebst Vorwort (handschriftlich auf Veranlassung der Strombauabteilung der Kaiserlichen Werft in Wilhelmshaven).
Blanchard, R., La Flandre, étude géographique de la plaine flamande en France, Belgique et Hollande, Paris 1906.
Brakenhoff, H., Die subfossilen Hölzer der Baggerproben im Jadegebiet (handschriftlich auf Veranlassung der Strombauabteilung der Kaiserlichen Werft in Wilhelmshaven).
Braun, G., Entwicklungsgeschichtliche Studien an europäischen Flachlandsküsten und ihren Dünen. (Veröffentlichungen des Instituts für Meereskunde und des geographischen Instituts an der Universität Berlin, Heft 15, Juli 1911.)
Brockmann, Chr., Die Diatomeen in den Küstenablagerungen bei Wilhelmshaven (handschriftlich auf Veranlassung der Strombauabteilung der Kaiserlichen Werft in Wilhelmshaven).
Eilker, G., Die Sturmfluten in der Nordsee, Emden 1877.
Erläuterung zu den Tafeln über die Auswertung der Wasserstandsbeobachtungen am Pegel zu Wilhelmshaven (Kaiserliche Werft).
v. Fischer-Benzon R., Die Moore der Provinz Schleswig-Holstein, Hamburg 1891. (Abhandlungen aus dem Gebiete der Naturwissenschaften, herausgegeb. vom naturwissenschaftlichen Verein in Hamburg, Bd. XI.)
Forchhammer, G., 1. Ueber die veränderte Wasserhöhe an den dänischen Küsten, aus dem Dänischen von H. Sebald. (Zeitschr. f. allgem. Erdkunde, Berlin 1856, S. 473.)
— 2. Geognostische Studien am Meeresufer. (Neues Jahrb. f. Mineralogie, Stuttgart 1841.)
Freese, J. C., Ostfrieß- und Harrlingerland nach geographischen, topographischen, physischen, ökonomischen, statistischen, politischen und geschichtlichen Verhältnissen, Bd. I, Aurich 1796.
Fülscher, Ueber Schutzbauten zur Erhaltung der ost- und nordfriesischen Inseln. (Zeitschr. f. Bauwesen, Jahrg. LV, S. 305—342, 527—562 und 681—722, nebst Atlas zu Jahrg. LV, Blatt 31—34, Berlin 1905.)
Gagel, C., 1. Ueber eocäne und paleocäne Ablagerungen in Holstein. (Jahrb. d. Kgl. Pr. Geol. Landesanstalt f. das Jahr 1906, Bd. XXVII, S. 48—62, Berlin 1909.)
— 2. Ueber einen Grenzpunkt der letzten Vereisung in Schleswig-Holstein. (Jahrb. d. Kgl. Pr. Geol. Landesanstalt f. das Jahr 1907, Bd. XXVIII, S. 581—586, Berlin 1910.)
Geinitz, F. E., Die Eiszeit. (Die Wissenschaft, Sammlung naturwissenschaftlicher und mathematischer Monographien, Heft 16, Braunschweig 1906.)
Gerhardt, P., Handbuch des deutschen Dünenbaus. Berlin 1900.
Hansen, C. P., Das Schleswigsche Wattenmeer und die friesischen Inseln, Glogau (1865).
Hansen, R., Beiträge zur Geschichte und Geographie Nordfrieslands im Mittelalter. (Zeitschr. der Gesellschaft für Schleswig-Holstein-Lauenburgische Geschichte, Bd. XXIV, Kiel 1894.)
Kirchhoff, A., Länderkunde von Europa. Erster Teil, zweite Hälfte: Wien und Prag, Leipzig 1889; Zweiter Teil, erste Hälfte: Wien und Prag, Leipzig 1890.
Kohl, J. G., 1. Die Marschen und Inseln der Herzogtümer Schleswig und Holstein, Bd. I—III, Dresden 1846.
— 2. Nordwestdeutsche Skizzen. Fahrten zu Wasser und zu Lande in den unteren Gegenden der Weser, Elbe und Ems, Bd. I u. II, Bremen 1864.

Krüger, W., Meer und Küste bei Wangeroog und die Kräfte, die auf ihre Gestaltung einwirken. (Zeitschr. f. Bauwesen, Jahrg. LXI, S. 451—464 und S. 583—610, Berlin 1911.)

Krümmel, O., 1. Die deutschen Meere im Rahmen der internationalen Meeresforschung. (Veröffentlichungen des Instituts für Meereskunde und des geographischen Instituts an der Universität Berlin, Heft 6, August 1904.)

— 2. Handbuch der Ozeanographie, Bd. I u. II, Stuttgart 1907 und 1911.

Kuyper, J., Alt- und Neu-Niederland, Begleitworte zur Karte von J. Kuyper. (Zeitschr. f. wissenschaftl. Geographie, Bd. IV, S. 105, Wien 1883.)

Meyn, L., 1. Geognostische Beschreibung der Insel Sylt und ihrer Umgebung. (Abhandlungen zur geologischen Karte von Preußen und den benachbarten Bundesstaaten, Bd. I, Heft 4.)

— 2. Die Bodenverhältnisse der Provinz Schleswig-Holstein als Erläuterung zu der geologischen Uebersichtskarte von Schleswig-Holstein. (Abhandlungen zur geologischen Karte von Preußen und den benachbarten Bundesstaaten, Bd. III, Heft 3.)

Moritz, E., Die Insel Röm. (Veröffentlichungen des Instituts für Meereskunde und des geographischen Instituts an der Universität Berlin, Heft 14, September 1909.)

Nordseebad Wangeroog, Prospekt 1910.

Olbricht, K., 1. Grundlinien einer Landeskunde der Lüneburger Heide. (Forschungen zur deutschen Landes- und Volkskunde, Bd. XVIII, Heft 6.) Stuttgart 1909.

— 2. Schleswig-Holstein. (Geographische Zeitschr., 15. Jahrg., S. 315—322, Leipzig 1909.)

Philippson, A., Ueber die Typen der Küstenformen, insbesondere der Schwemmlandküsten. (Festschr. Ferdinand Freiherrn v. Richthofen zum 60. Geburtstag, S. 1—40, Berlin 1893.)

Prestel, M. A. F., Der Boden der ostfriesischen Halbinsel nebst der Geschichte der Veränderung des Bodens und des Klimas der Nordseeküste seit der Eiszeit, Emden 1870.

Reinke, J., 1. Botanisch-geologische Streifzüge an den Küsten des Herzogtums Schleswig. (Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen, Abteilung Kiel, Neue Folge, Bd. VIII, Ergänzungsheft, Kiel und Leipzig 1903.)

— 2. Die ostfriesischen Inseln. Studien über Küstenbildung und Küstenzerstörung. (Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen, Abteilung Kiel, Neue Folge, Bd. X, Ergänzungsheft, Kiel und Leipzig 1909.)

Salfeld, Die Hochmoore auf dem früheren Weserdelta. (Zeitschr. der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin, Bd. XVI, S. 161—173, Berlin 1881.)

Schucht, F., 1. Beitrag zur Geologie der Wesermarschen. Inaugural-Dissertation, Halle a. S., 1903.

— 2. Das Wasser und seine Sedimente im Flutgebiete der Elbe. (Jahrbuch der Kgl. Pr. Geol. Landesanstalt für das Jahr 1904, Bd. XXV, S. 431—465, Berlin 1905.)

— 3. Das Mündungsgebiet der Weser zur Zeit der Antonioflut 1511. (Mitteilungen der Kais. und Königl. geographischen Gesellschaft in Wien 1905, S. 123—132.)

— 4. Die Entstehung der ostfriesischen Inseln. (4. Jahresbericht des Niedersächsischen geologischen Vereins zu Hannover 1911, S. 139—146.)

Schütte, H., Neuzeitliche Senkungserscheinungen an unserer Nordseeküste. (Jahrbuch des Oldenburger Vereins für Altertumskunde und Landesgeschichte, Bd. XVI, S. 397—441, Oldenburg 1908.)

Sokolow, N. A., Die Dünen. Bildung, Entwicklung und innerer Bau. Deutsche, vom Verfasser ergänzte Ausgabe von A. Arzruni, Berlin 1894.

Solger, F., 1. Studien über nordostdeutsche Inlanddünen. (Forschungen zur deutschen Landes- und Volkskunde, Bd. XIX, Heft 1, Stuttgart 1910.)
— 2. Graebner, P., Thienemann, J., Speiser, P., Schulze, F. W. O., Dünenbuch. Werden und Wandern der Dünen, Pflanzen- und Tierleben auf den Dünen, Dünenbau, Stuttgart 1910.
Süß, E., Versenkte Moore und Wälder der Nordsee. (Antlitz der Erde, Bd. II, S. 527—535, Prag, Wien, Leipzig 1888.)
Wahnschaffe, F., Die Oberflächengestaltung des norddeutschen Flachlandes, Stuttgart 1909.
Walther, J., Die Denudation in der Wüste, Leipzig 1891.
Weigelt, G., Die nordfriesischen Inseln vormals und jetzt, Hamburg 1873.
Wild, A., Die Niederlande. Ihre Vergangenheit und Gegenwart, Bd. I u. II, Leipzig 1862.
Wildvang, D., Eine prähistorische Katastrophe an der deutschen Nordseeküste und ihr Einfluß auf die spätere Gestaltung der Alluviallandschaft zwischen der Ley und dem Dollart, Emden und Borkum 1911.
Wolff, W., Die Entstehung der Insel Sylt. Halle a. S. und Westerland a. Sylt 1910.

Lebenslauf.

Ich, Wilhelm, Hermann, Johann Ordemann, bin am 28. Mai 1889 als Sohn des verstorbenen Ingenieurs der Handelsmarine Heinrich Ordemann zu Lehe, Provinz Hannover, geboren und lutherischer Konfession getauft worden. Nachdem ich am Gymnasium zu Bremerhaven Ostern 1907 das Reifezeugnis erworben hatte, bezog ich die Universität Halle-Wittenberg, um Geographie, Mathematik und Physik zu studieren. Ich hörte Vorlesungen bei folgenden Herren Professoren und Dozenten: Baumert, Bernstein, Busse, Dorn, Ebbinghaus, Gutzmer, Hasenclever, Heim, Leser, Menzer, Philippson, Schenck, Schlüter, Schmidt, Sommerlad, Walther, Wangerin, Wohltmann, Wüst. Außerdem nahm ich an den Uebungen und Seminarien folgender Herren Professoren teil: Bernstein, Buchholz, Dorn, Gutzmer, Philippson, Schenck, Schlüter, Wangerin, Wüst. Vom Beginn des W.S. 1909/10 bis zum Ende des S.S. 1911 war ich als Assistent am Geographischen Seminar tätig. Ich möchte auch an dieser Stelle nicht verfehlen, allen meinen verehrten Lehrern meinen Dank für die empfangenen Anregungen auszusprechen.

Zu besonderem Danke fühle ich mich den Herren Professoren Dr. Philippson, Dr. Schenck, Dr. Schlüter und Dr. Schulz verpflichtet. Aus dem ungezwungenen persönlichen Verkehr mit ihnen habe ich die wertvollsten Anregungen erhalten.

Herr Professor Dr. Philippson und Herr Professor Dr. Schlüter haben sich um die vorliegende Arbeit ein besonderes Verdienst erworben, indem sie durch ihre Anregung und Förderung mir manche Klippe zu überwinden geholfen haben.

Frommannsche Buchdruckerei (Hermann Pohle) in Jena. — 4150